علم المناخ

وتأثيره في البيئة الطبيعية والبشرية في العالم

الأستاذ الدكتور
علي سالم إحميدان الشواورة
أستاذ في علم الجغرافيا
جامعة القدس / كلية الآداب
دائرة الجغرافية



www.darsafa.net

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ ﴾

صدق الله العظيم

علم المناخ وتأثيره في البيئة الطبيعية

والبشرية في العالم

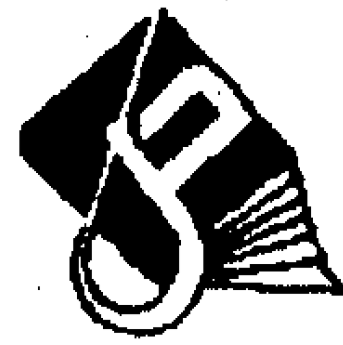
علم المناخ وتأثيره في البيئة الطبيعية والبشرية في العالم

الأستاذ الدكتور

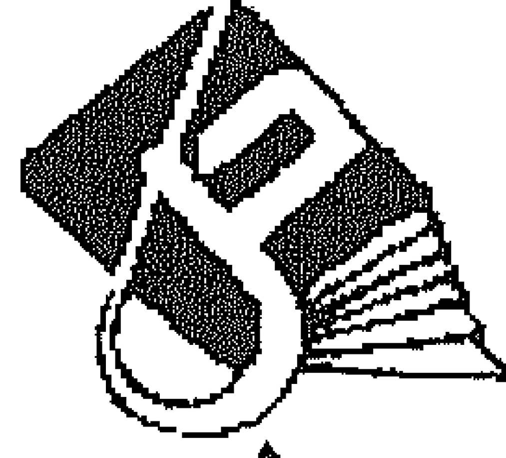
علي سالم إحميدان الشواورة

الطبعة الأولى

2014م - 1435هـ



دار صفاء للنشر والتوزيع - عمان



دار صفاء للنشر والتوزيع

علم المناخ وتأثيره في البيئة الطبيعية والبشرية في العالم

علي سالم إحميدان الشواورة

الواصفات:

المناخ// البيئة الطبيعية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2013/2/610)

ISBN 978-9957-24-886-4 ردمك

عمان ـ شارع الملك حسين

مجمع الفحيص التجاري ـ تلفاكس 4612190 6 962+

هاتف: 4611169 6 962+ ص . ب 922762 عمان ـ 11192 الأردن

DAR SAFA Publishing - Distributing
Telefax: +962 6 4612190- Tel: + 962 6 4611169
P.O.Box: 922762 Amman 11192- Jordan
E-mail:safa@darsafa.net
www.darsafa.net

نسب المؤلف الدكتور علي سالم خميس محمد احميدان مسلم سالم خليل سالم شاور حسب الله بن سعد الحارثي من قبيلة بني الحارث المقيمة في وادي فاطمة الواقع بين مدينتي جدة ومكة بالأراضي الحجازية الطاهرة.

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى: ﴿ هُوَ ٱلَّذِيٓ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءٗۖ لَّكُم مِّنۡهُ شَرَابٞ وَمِنۡهُ شَجَرٞ فِيهِ تُسِيمُونَ ١٠ يُنۢبِتُ لَكُم بِهِ ٱلزَّرۡعَ وَٱلزَّيۡتُونَ وَٱلنَّخِيلَ وَٱلۡأَعۡنَٰبَ وَمِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَةٗ لِّقَوۡمٖ يَتَفَكَّرُونَ ١١ وَسَخَّرَ لَكُمُ ٱلَّيۡلَ وَٱلنَّهَارَ وَٱلشَّمۡسَ وَٱلۡقَمَرَۖ وَٱلنُّجُومُ مُسَخَّرَٰتُۢ بِأَمۡرِهِۦٓۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَأٓيَٰتٖ لِّقَوۡمٖ يَعۡقِلُونَ ﴾ 10–12 من سورة النحل.

قال تعالى: ﴿ أَلَمۡ تَرَ أَنَّ ٱللَّهَ يُزۡجِي سَحَابٗا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيۡنَهُۥ ثُمَّ يَجۡعَلُهُۥ رُكَامٗا فَتَرَى ٱلۡوَدۡقَ يَخۡرُجُ مِنۡ خِلَٰلِهِۦ وَيُنَزِّلُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مِن جِبَالٖ فِيهَا مِنۢ بَرَدٖ فَيُصِيبُ بِهِۦ مَن يَشَآءُ وَيَصۡرِفُهُۥ عَن مَّن يَشَآءُۖ يَكَادُ سَنَا بَرۡقِهِۦ يَذۡهَبُ بِٱلۡأَبۡصَٰرِ ﴾ الآية 43 من سورة النور.

الإهداء

إلى الوالدين الحنونين الأعزاء رحمهما الله وأسكنهما فسيح جنانه وإنا لله وإن إليه لراجعونه.

ابنكم الوفي



الفهرس



الفصل الرابع: الرياح وأنواعها

الفصل الخامس: التبخر والرطوبة

الفصل السادس: التكاثف والتساقط

الفصل السابع: الجفاف، أسبابه، نتائجه ومكافحته



الفصل الثامن: الكتل الهوائية

الفصل التاسع: الجبهات الهوائية

الفصل العاشر: المنخفضات الجوية

الفصل الحادي عشر: أضداد الأعاصير أو الارتفاعات الجوية

الفصل الثاني عشر: أعاصير المناطق المدارية والتورنادو

الفصل الثالث عشر: عواصف الرعد والبرق

الفصل الرابع عشر: العوامل المؤثرة في المناخ



الفصل الخامس عشر: التصانيف المناخية

الفصل السادس عشر: الأقاليم المناخية

الفصل السابع عشر: الأقاليم النباتية في العالم

الفصل الثامن عشر: المناخ وتأثيره في البيئة





فهرس الأشكال

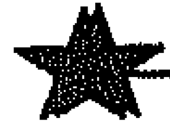




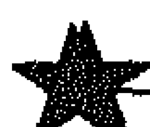








قائمة الصور





قائمة الجداول

التصدير

ما من ريب في أن لهذا العامل الطبيعي تأثيراً كبيراً على عناصر البيئة الطبيعية والبشرية. فهو عنصر أساسي ومؤثر فيها، إذ لا ينتهي دوره عند جمع الإحصاءات الجوية فقط، باعتبارها المادة الخام لاستخراج المعادلات التي يعتمد عليها في استخلاص النتائج المناخية؛ وإنما يتعداه إلى محاولة تفسير هذه النتائج في ظل العوامل المؤثرة فيها، سواء أكانت تلك العوامل متصلة بالغلاف الغازي أو المائي أو الصخري أو الحيوي. ومن هنا تبرز حقيقة أخرى تفسر الصلة بين العلم والعلوم التي تتناول هذه الأغلفة بالدراسة والتحليل كعلوم البحار والمحيطات والنباتات والحيوانات والتضاريس وعلم الجيولوجيا؛ كما تركز على العلاقة بين المناخ والبيئة البشرية ممثلة في الإنسان والعمران والصناعة والزراعة والأمراض والنقل وملبس الإنسان وجسمه والملاحة الجوية والبحرية بالإضافة إلى الآفات الزراعية وحماية المزارع من حدوث الصقيع أو حدوث موجات الحر الشديد اللافح، واستمطار الغيوم والتقليل من أثر البرد وأعاصير التورنادو أو الأعاصير المدارية على الحياة البشرية وعناصرها المختلفة.

لقد تعرف الإنسان على أهمية المناخ وتأثر به بصورٍ مختلفة على مر العصور. فنجده قد صنع الشراع واستخدم الرياح في دفعه وأقام الزراعة المعتمدة على المطر قبل أن يعرف وسائل الري. كما لجأ إلى رد غائلة المناخ باستخدام النار والملابس للتدفئة في الجهات الباردة وغير ذلك.

إن أهمية هذا الفرع من فروع الجغرافية الطبيعية، تكمن في تغلغله كعامل طبيعي مؤثر في مختلف نواحي الحياة على سطح كوكبنا الأرضي. وتشكل الكثير من ظاهراته الطبيعية وانعكاسها على النواحي البشرية. ولذلك ظهرت هنالك، نظريات عديدة عن ارتباط المناخ بالإنسان منذ بدء حياته الأولى، حيث يميل العديد من الباحثين والعلماء للاعتقاد بأن الإنسان الأول، قد بدأ حياته وأولى مراحل حضارته الأولى، في منطقة لا بد وأنها قد اتصفت بالمناخ المعتدل الملائم لحياة الإنسان البدائية. فهو لا يحتمل أن يكون الموطن الأصلي للإنسان قد وجد في منطقه ذات مناخ استوائي شديد الحرارة وغزير الأمطار، أو في مناخ قطبي شديد البرودة أو آخر كثير العواصف؛ ولكن لا بد وأن يكون في أولى المراحل البشرية؛ قد بدأت في إقليم معتدل المناخ. غير أن الإنسان فيما بعد، حينما تقدمت وسائله



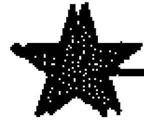
الحضرية، ونمت شوكته واشتد عوده، قد استطاع أن ينتقل وينتشر إلى الأقاليم ذات المناخ القاسي. كما استطاع أن يكيِّف نفسه بطريقة غاية في الذكاء مع ظروف المناخ المتنوعة.

لقد ازدادت أهمية هذا العلم بعيد الحرب العالمية الثانية، حيث أظهرت الحرب ضرورة جمع المعلومات والبيانات الطقسية؛ واستخدامها في الوحدات الجوية والبحرية والبرية للجيوش، وضرورة الاستعانة بهذه المعلومات المتعلقة بالطقس اليومي، عند التخطيط للمعارك الحربية. لقد تأثرت الموارد الطبيعية والبشرية ونشاطات الإنسان على سطح هذا الكوكب الحيوي لحد كبير؛ الأمر الذي أدى لإجراء الدراسات المناخية التطبيقية المعاصرة؛ لوضع الحلول المناسبة، حينما يكون للتغيرات الطقسية والمناخية، أثرها المحسوس في شكل الإنتاج الاقتصادي، وحجمه وكفاءة الأعمال التي يقوم بها الإنسان فوق سطح البسيطة.

فما من أحد منّا يُنكِر كباحثين جغرافيين، أن هذا العلم سيبقى لحين من الدهر، خارجا عن إرادة الإنسان. أو بمعنى آخر، لم يصبح هذا العامل الطبيعي مطواعاً ليد الإنسان، الذي ابتكر بل توّج قدراته الذهنية والإبداعية، في اختراق الآفاق بسفن الفضاء بعد أن تغلب على العقبة الكأداء وهي التخلص من الجاذبية؛ كما شق الأنفاق تحت التلال، وفي قلب الجبال، وتحت مراكز العمران، كما أقام الجسور العالية بين أودية التلال، وأنشأ السدود العظيمة على مجاري الأنهار؛ وحول أراضي المناقع والمستنقعات إلى أراضٍ زراعية ورعوية خضراء؛ كما استنسخ وهجن الفصائل النباتية والحيوانية، ووصل بتقنية هذه؛ إلى آخر كواكبنا السيارة في نظامنا الشمسي هذا.

ولكن هل للمناخ تأثير على التربة؟ أو هل للمناخ تأثير على الجفاف والتصحر؟؟

ما من شك أن له تأثيراً كبيراً على نوعية التربة. فالتربة تتصف بالسمات المناخية والنباتية للإقليم الذي توجد فيه؛ بغض النظر عن الصخور التي ترتكز عليها. وليس هذا بالشيء المستغرب. لأن عوامل الطقس والمناخ هي المسؤولة عن المواد العضوية في التربة؛ بينما تتوقف عمليات الرشح وتغذية التربة بالكالسيوم، على درجة الحرارة وكمية الأمطار. كما أن المناخ يتحكم لحد كبير في نشاط البكتيريا في التربة والأمثلة على ذلك كثيرة. ففي بلد كالأردن مثلاً، وبالرغم من أن التكوينات الصخرية المحلية التي ترتكز عليها التربة في المرتفعات والبادية، إلا أننا نجد تدرجاً في التربة، من تربة البحر المتوسط الحمراء، في المرتفعات الغزيرة المطر نسبياً (500 مليمتر)؛ إلى تربة البحر المتوسط الصفراء (300 مليمتر)، ثم إلى التربة الصفراء في الهامش الصحراوي (200 مليمتر) في المنطقة الانتقالية بين المرتفعات



والبادية؛ ثم وأخيراً التربة الرمادية الصحراوية في إقليم البادية، بأقل من 150 مليمتر في المتوسط؛ نتيجة لتدرج كمية الأمطار والغطاء النباتي، ورطوبة التربة ونشاط البكتيريا، والجفاف والحرارة إلى غير ذلك...

وما يقال عن التربة يمكن قوله عن الجفاف والتصحر. فالجفاف هو ظاهرة مناخية حقيقية عن المناخ. فوطننا العربي يعاني نحو 92٪ من إجمالي أراضيه من ظاهرة الجفاف والتصحر. كما أن الأردن يعاني 92٪ من أراضيه من هذه الظاهرة المناخية، التي لا يمكن التغلب عليها؛ إلا بالتوسع في بناء السدود والبرك الإسمنتية والآبار التجميعية، وتحليه المياه، أو جر المياه من مجاري الأنهار المجاورة بالقنوات المغطاة، إلى تلك الأراضي العطشى سواء في وطننا العربي بوجه عام أو في الأردن على وجه الخصوص؛ كما فعلت ليبيا في بناء النهر الصناعي العظيم، ومد قناة توشكا على الوادي الجديد في مصر العربية وقناة السلام إلى شبه جزيرة سيناء؛ كما أن الصين الشعبية تستصلح سنوياً مئات الألوف من الهكتارات، بعد جر قنوات الري إليها من السدود المقامة، كما فعل الاتحاد السوفيتي السابق ببناء العديد من السدود على أنهار الفولغا والدون والدونيتز Donetz، لتوليد الطاقة الكهربائية، وحفر القنوات النهرية بين تلك الأنهار، لنقل خامات المعادن الفلزية واللافلزية، وتسخير مياه نهري سيحون وجيحون جنوب بحر آرال لتخضير صحراء كيسيل Kysell- كوم.

أو لماذا يعاني وطننا العربي من التصحر والجفاف، ولا تعاني القارة الأوروبية من هذه الظاهرة المناخية؟؟ أقول إن غزارة الأمطار في القارة الأوروبية، وقلتها في الوطن العربي هو السبب الرئيس وراء ذلك. فبعض أقطارنا العربية قد وصلت إلى النقطة الحرجة في نقص المياه العذبة، اللازمة للشرب والصناعة والزراعة. فقد تعرضت ليبيا في 28/ 8/ 1984م لعجز شديد في مياه لشرب، فكان الحل لهذه المعضلة، هو بناء النهر الصناعي العظيم الذي يروي سنويا نحو عشرة ملايين دونم. كما تعرضت المملكة السعودية عام 1977م لعجز شديد في مياه الشرب، مما اضطرها لبناء محطات التحلية في جدة والجبيل وينبع، بطاقه 5,5 مليون متر مكعب يومياً. كما تعرضت الصومال الشقيقة عام 1974م لكارثة الجفاف بالرغم من وجود نهرين فيها هما نهرا جوبا Guba وشبيلي Shabyli، كما تعرضت لكارثة جفاف أخرى في شهر كانون الثاني من عام 2006م.

فالمناخ إذن هو السبب الرئيس وراء الجفاف والتصحر، في وطننا العربي الذي يحتاج من دوله وشعوبه معا؛ التصدي لهذه الظاهرة المناخية. ولا تقتصر الأمر عند قلة التساقط؛ وإنما يتعداه إلى تزايده عن الحد المطلوب. فجنوب وجنوب شرق الولايات المتحدة تتعرض



للأعاصير المدارية (كأعاصير الهاريكين) التي تجلب الأمطار والفيضان، والرياح العاتية أو تغرق السهول وتفيض الأنهار؛ كما حدث في مدينة نيوأورليانز في 28/ 8/ 2005م، وأدت لخسائر قدرت بنحو 105 مليارات دولار. وغرق نحو عشرة آلاف فرد وتتالت بعد ذلك عليها أعاصير كاترينا وريتا Rita وبيتا Bita وفلويد Fluid وستان Stan في نفس العام؛ مما أدى لزيادة أعداد الضحايا وتدمير المنشئات. وما يقال عن الولايات المتحدة، ينـدرج على الصين الشعبية وتزايد التساقط عليها بفعل الرياح الموسمية، وما ينجم عنها من فيضان الأنهار وتدمير الطرق والانهيارات الأرضية على القرى والمدن؛ خاصة حينما تضربها أعاصير التايفون Typhon كما حدث عام 2005م، وما يقال عن الصين الشعبية يندرج على الفلبين وبنغلادش والهند وتايلاند. فالمناخ إذن له دور فعال، سواءً في قلة التساقط وقلة الغطاء النباتي، وفقر التربة أو بروز ظاهرة الجفاف والتصحر، أو في تزايد التساقط وحدوه الأعاصير والرياح العاتية، وإغراق المدن وتدمير المنشئات والمزارع، أو في انخفاض درجة الحرارة لما دون الصفر المئوي، وتدمير المزروعات أو العكس، وما ينجم عن كل ذلك من آثار سلبية على البيئة والحيوان والإنسان معاً.

وخلاصة القول؛ إذا كانت ظاهرة الجفاف والتصحر هي ظاهرة مناخية، والتي تنعكس بدورها على التربة وموارد المياه العذبة والنباتات والحيوانات، والعمران والصناعة والزراعة والأمراض، والإنسان والنقل والمعارك الحربية، فالمتسبب الرئيس لكلها مجتمعة هو المناخ؛ وهو بدوره المسؤول عن استشراء ظاهرة الجفاف والتصحر، في بوادينا العربية مع سوء إدارة واستغلال الإنسان لهذه الأراضي؛ في هذا الوطن العربي الكبير؛ الأمر الذي يقتضي منا كباحثين أو أن صانعي قرار؛ مواجهته بكل حزم؛ وتوفير مياه الري والزراعة والتحريج، وزراعة الأعلاف الخضراء، لسد حاجة الملايين من رؤوس الأغنام والماشية؛ وتغطية الأراضي الجرداء المترامية الأطراف، بالكساء الأخضر، بدلاً من زحف التصحر عليها من كل حَدبٍ وصوب، ومعالجة هذا الداء المستشري في الوطن العربي بهذا الدواء وهو الماء العذب.

قال تعالى: ﴿ أَوَلَمْ يَرَ ٱلَّذِينَ كَفَرُوٓاْ أَنَّ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَٰهُمَا ۖ وَجَعَلْنَا مِنَ ٱلْمَآءِ كُلَّ شَىْءٍ حَىٍّ ۖ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴾ (سورة الأنبياء:30).

الأستاذ الدكتور

علي حميدان الشواورة



المقدمة

حينما أسندت إليّ مادت الجغرافية المناخية من قبل عميد كلية تأهيل المعلمين العالية بوزارة التعليم العالي الأردنية عام 1990م، تطرق لذهني السؤال التالي، هل أستطيع تدريس هذا المساق؟ وما هي الصعوبات التي ستواجهني عند تدريس هذه المادة، أمام هؤلاء الطلبة الكبار من ذوي الخبرة؟ وأحمد الله سبحانه وتعالى على أني أعطيته لطلابي الذين يكبروني سناً بعدة سنوات بكل كفاءة. ويعزى ذلك إلى أنني في المرحلة الجامعية الأولى، قد تتلمذت على أستاذنا الفاضل المرحوم علي حسين الشلش العراقي المتخصص في علم المناخ. كما قرأت كتاباً لأستاذنا الكبير عبد العزيز طريح شرف، وأطلعت على كتب أجنبية عديدة من بينها أستاذ المناخ درسكول Driscoll وجريفث Griffiths ولاند سبيرج Landsberg وأوستن ميلر والدكتور علي البنا وغيرهم الكثير الكثير، الأمر الذي دفعني إلى صياغة مادة هذا الكتاب في نحو تسعة عشر فصلاً.

حيث يعالج الفصل الأول الغلاف الجوي وأهميته من حيث طبقاته الغازية الرأسية كالتروبوسفير، والاستراتوسفير والميزوسفير والايونوسفير، وسمات كل منها على حدة. كما تطرقت الدراسة لمكونات هذا الغلاف من غازات ثقيلة، كالنيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون، وغازات خفيفة ممثلة في غاز الهليوم والهيدروجين، والميثان والكربتون وأكسيد النتيروز وغاز الأوزون وغاز الرادون وأهمية كل منها، بالإضافة إلى بخار الماء والغبار وتأثير كل منهما على التساقط والتكاثف، وحدوث ظاهرة الشفق عند شروق الشمس وعند غروبها.

ولكن هل هناك فرق بين الطقس والمناخ؟



الطقس بوجه عام، هو حالة الجو والمحيطات واليابس، بارداً أو حاراً، هادئاً أو عاصفاً، رطباً أو جافاً، صحواً أو غائماً والذي يدوم لساعات أو يوم أو ثلاثة أيام فحتى أسبوع.

Weather is the State of Atmosphere – Ocean – Land Conditions, Hot\ Cold, Wet\Dry, Calm\ Stormy, Sunny- Cloudy, That Exist Over Relatively, Short Periods Like Hours of Two or Three Days of Even Week.

كمـا يشـمل الطقـس حـدوث العواصـف الرعديـة Thunder Storms، وأعاصير الهاركين Hurricanes، وموجات البرد القارسـة Blizzard، أو مقدمـة الجبهات الباردة Cold Snaps، والأيام الحـارة أو البـاردة Hot or Cold Days، أو حدوث العواصف الحادة Severe Storms، أو أيام الصـحو الجميلـة Clear Days.

وعليه فالطقس إذن، هو العلم الذي يدرس الأحوال الجوية خـلال فـترة قصيرة من الزمن، قد تستغرق يوماً أو يومين أو حتى أسـبوع علـى الأكثـر. أمـا المناخ Climate، فهو العلم الذي يـدرس الظـاهرات الجويـة لفـترة طويلـة مـن الزمن، قد يؤخـذ مـن خلالهـا متوسـطات حالـة الطقـس كالإشـعاع الشمسـي، ودرجات الحرارة والضغط الجوي والرياح، والرطوبة الجويـة والتسـاقط لمـدة لا تقل عن 35 عاماً. كما يمكن تعريف المناخ على أنه الحالة التي تحدد لنا المحاصـيل الزراعية، التي نزرعها في الحقول والفترة التي يتم فيها حصاد تلك المحاصيل. كمـا يمكن تعريفه على أنه يشتمل على أنماط الطقس على مدى الشهور والفصـول أو على مدى العقود والقرون من السنين.

والمناخ نوعان، مناخ عام Macro – Climatology يتناول دراسـة أجـزاء واسـعة مـن سـطح الأرض كالقـارات والمحيطـات، ومنـاخ تفصـيلي Micro - Climatology حينما يتناول دراسة أقاليم جـدُّ صـغيرة كالأقـاليم الصـناعية أو الزراعية أو الحضرية.



وقد تطور هذا العلم خلال الخمسة عقود الماضية، في شتى المجالات الطبيعية والبشرية، وأصبح علماً تطبيقياً في النواحي الزراعية والصناعية والملاحة الجوية والبحرية، وتأثيره كذلك في التربة والغطاء النباتي ودورة المياه والثروة الحيوانية وجسم الإنسان والسكن وملبس الإنسان والنقل والمعارك الحربية ونحو ذلك.

أما الفصل الثاني، فيتناول بعض عناصر الطقس والمناخ والمتمثلة في الإشعاع الشمسي وأنواعه كالأشعة الحرارية والأشعة الضوئية والأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية، وأشعة الراديو وأشعة المايكرويف وأشعة إكس × وأشعة جاما، ثم توزيعه على سطح الأرض وتأثيرها فيها على المجتمع البشري. كما يتطرق لمعالجة درجات الحرارة وأجهزة قياسها بموازين الحرارة المئوي والفهرنهيتي والفرق بينهما، وانخفاض الحرارة بالارتفاع أو العكس من ذلك كالانقلاب الحراري، ثم معالجة توزيع خطوط الحرارة المتساوية في العالم، وتأثير العوامل الطبيعية عليها، ممثلة في درجات العرض وتوزيع اليابس والماء وتوزيع التضاريس والتيارات البحرية والرياح السائدة واتجاهها، والفرق بين الحرارة النوعية لليابس والماء، والمناطق الحرارية المختلفة فوق سطح هذا الكوكب الجميل.

أما الفصل الثالث، فيعالج الضغط الجوي وأجهزة قياسه المختلفة، بالإضافة إلى معالجة الضغط الجوي المرتفع والضغط المنخفض، وتغيّر قيم الضغط الجوي بالارتفاع، وتوزيعه على الخرائط بواسطة خطوط الضغط المتساوي Isobars. كما تتم معالجة العوامل المؤثرة في هذا العنصر المناخي، مثل درجات الحرارة والتضاريس، وتوزيع اليابس والماء ورطوبة الهواء والتقاء تيارات هوائية من اتجاهات متضادة. كما تناول توزيع النطاقات الرئيسة لهذا العنصر، كنطاق الضغط المرتفع فيما بين دائرتي عرض30 ° إلى 35° شمالاً وجنوباً، ونطاق الضغط المنخفض فيما بين دائرتي عرض 60 ° إلى65 ° شمالاً وجنوباً،



ونطاق الضغط المرتفع عند القطبين، ثم تأثير هذه الضغوط المختلفة على سطح الأرض، على هبوب الرياح الدائمة والمحلية والموسمية والعكسية واليومية، وبالتالي على مناخ الأماكن المختلفة من حيث التساقط أو الجفاف والرطوبة.

ويركز الفصل الرابع، على دراسة الرياح وأنواعها الدائمة والموسمية، والعكسية والمحلية والدورية؛ بجانب دراسة التيارات الهوائية النفاثة، الواقعة ضمن نطاق الرياح الغربية، والتي تندفع بوجه عام من الغرب إلى الشرق، بسرعة كبيرة تتراوح ما بين 250 إلى600 كيلو متر بالساعة، وتأثيرها بالتالي على حركة الطيران والملاحة الجوية. كما اتضح ذلك أثناء الحرب العالمية الثانية للقاذفات الألمانية لمدينة لندن. وتأثير هذه الرياح على حمل بخار الماء من البحار والمحيطات التي تعبرها، إلى المناطق البرية فتسقطها أمطاراً غزيرة، سواءً في شمال غرب أوروبا أو في البحر المتوسط، أو الإقليم الموسمي مثلاً، وغيرها من المناطق في العالم، سواءً في الصيف والشتاء أو الربيع والخريف.

أما فيما يتعلق بالرياح اليومية كنسيم البر والبحر، ونسيم الجبل والوادي، فقد تمت معالجتها بالأشكال التي توضح كل منها على حدة في هذا الفصل، بالإضافة إلى معالجة الرياح المحلية الحارة والباردة والدافئة، فالرياح الحارة مثلاً مثل رياح الخماسين التي تهب على مصر وفلسطين، والرياح الباردة كرياح المسترال Mistral التي تهب على وادي الرون في فرنسا، والرياح الدافئة مثل رياح الشنوك Chinook التي تعبر مرتفعات الروكي في أمريكا الشمالية، إلى سهول البراري الكندية، وتكتسب الدفء عند انضغاطها وهبوطها في السفوح الشرقية لتلك الجبال، فترتفع درجة حرارتها لما بين16 ° إلى 20° مئوية.

كما يتناول الفصل الخامس، معالجة ظاهرة التبخر والذي يعتبر المصدر الرئيس لبخار الماء في الغلاف الجوي، حيث تعتبر المسطحات المائية والأنهار والنباتات والتربة والسدود المائية؛ والينابيع والمصادر الرئيسة لهذه الرطوبة



الجوية. كما يتناول التوزيع الجغرافي للرطوبة في العالم، حيث يزداد هـذا العنصـر المناخي في المناطق الاستوائية والمعتدلة الدافئة والباردة، ولكنها تقل في الصحاري المدارية والقطبية.

وقد أوضحت الدراسات الميدانية أن معدلات التبخر تزداد في قارة أمريكا الجنوبية، تليها إفريقية ثم قارة استراليا. أما من حيث كميات التساقط، فنجـد أن قارة أمريكا الجنوبية هي الأكثر تساقطاً، تليها إفريقية ثم أمريكـا الشـمالية. كمـا ظهر من الجداول المرفقة في هذا الفصل أن مناطق الوفر المائي، تتمثل في الإقلـيم الاستوائي بين دائرتي عرض10 شمالاً وجنوباً، بينما تتمثل مناطق العجز المـائي فيما بين دائرتي عرض 20-35° شمـالاً وجنوبـاً، لقلـة التسـاقط فيهـا، بعكـس المناطق الأولى والمناطق المعتدلة. كمـا تـبين مـن الدراسـات المناخيـة، أن ظـاهرة التبخر من فوق المسطحات المائية، هو أضـعاف أضـعاف مـا يتبخـر مـن سـطح اليابس (المياه القارية). وخاصة بين دائرتي عرض 10°-20° شمالاً وجنوباً، بفعل تعامد الأشعة الشمسية عليها. أما أقل مناطق سطح الأرض تعرضاً للتبخر، فهي المناطق الواقعة للشمال من دائرة العرض50 شمالاً وجنوباً حتى القطبين.

ويعالج الفصل السادس، عناصر التكاثف والتساقط التي تشـمل السـحب والضباب والصقيع والندى، بالإضافة إلى معالجة أشكال التساقط كالمطر والـثلج والبرد من حيـث توزيعهـا علـى سـطح الأرض، ونتائجهـا الإيجابيـة والسـلبية، وتأثيرها على التربة والغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية من حيث الغنى والفقـر، وبالتالي تأثيرها على توزيع المجتمعات البشرية فوق سطح هـذا الكوكـب الـذي نعيش عليه. فإذا ما توفرت كميات التساقط بأشكاله المختلفة مع درجـة الحـرارة المعتدلة، سواء الدافئة أو الباردة، فيكثف التجمع البشري كـالإقليم المـوسمي في آسيا، والإقليم الأوروبي في شمال غرب القـارة الأوروبيـة وجنوبهـا ووسـطها،

والإقليم الشمالي الشرقي للولايات المتحدة وجنوب شرق كندا، وهضبة البرازيل وسهول البامباس بالأرجنتين. والعكس ينعدم وجود البشر، إلا ما ندر حول الواحات في الأقاليم الصحراوية المدارية والقطبية، والمناطق الاستوائية الطاردة للبشر كحوض الأمازون وحوض الكونغو وسيبيريا والقارة القطبية الجنوبية وشمال كندا.

أما الفصل السابع، فقد تمت فيه معالجة الجفاف وأسبابه ونتائجه السلبية من حيث قلة الغطاء النباتي وفقر التربة وعجز المياه الشديد في كل المناطق الجافة وشبه الجافة بوجه عام. ويعتبر الجفاف ظاهرة مناخية تنجم عن العلاقة الوثيقة بين التساقط والحرارة والتبخر والنتح.

ونتيجةً لهذه السمات المناخية في هذه الأقاليم فقد أدى ذلك إلى أن تصبح كثافة السكان فيها جدّ منخفضة للغاية، إلا إذا توفرت فيها الواحات الخضراء أو مرور الأنهار عبرها إلى البحار المحاذية لها كنهر النيل، أو نهري سيحون وجيحون عبر صحراء كيسيل، كوم جنوب بحر آرال مثلاً. ويمكن مكافحة التصحر في المناطق الجافة بزراعتها بالنباتات الملائمة لتلك البيئة مثل زراعة الحلفا والكوخيا Kochia والمانجروف Mangrove أو الشورة والقطف الملحي، لإيجاد كساء أخضر فيها وتوفير الأعلاف للمواشي خاصة في حواف الصحاري التي تتلقى كمية من التساقط تقل عن150 ملمتراً.

ويركز الفصل الثامن على دراسة الكتل الهوائية من حيث أنواعها، ومصادر نشأتها وسماتها، وتأثيرها على مناخ الأماكن التي تصلها، وتؤثر في طقسها ومناخها في جميع أنحاء الكرة الأرضية. فالكتل القطبية منها برية ومنها بحرية، والكتل المدارية منها قارية ومنها بحرية. فهناك الكتل القارية التي تنشأ فوق سيبيريا وكندا، وهناك كتل بحرية تنشأ فوق شمال المحيط الأطلسي والمحيط الهادئ



والمنطقة الاستوائية. وحينما تتحرك هذه الكتل من أماكن نشـأتها، وتتلاقـى مـع كتل أخرى متضادة في سماتها وخصائصها، تؤدي إما إلى جبهات هوائية مستقرة Stable أو غير مستقرة .Unstable.

ويتناول الفصل التاسع الجبهات الهوائية التي تتلاقـى فيهـا الكتـل الهوائيـة المتباينة السمات والخصائص. كما أنها تعرف على أنها المنطقة الفاصلة بين هاتين الكتلتين اللتين تزحفان تدريجياً كل منهما نحو الأخرى، حتى تندمجا معاً في جبهـة هوائية متحدة. وحينما تلتقي الكتل الهوائيـة المداريـة مـع الكتـل القطبيـة بصـفة مستمرة، فإنه يتمخض عن ذلك التقابل ما يعرف بالجبهة الهوائية القطبيـة Polar Front. وهي الجبهة التي تنجم عنها معظـم المنخفضـات الجويـة Depressions، والتي تحدث في المناطق المجاورة كحوض البحر المتوسط وشمـال غـرب أوروبـا. كما تطرقت الدراسة في هذا الفصل لمعالجة أنـواع أخـرى مـن الجبهـات الحـارة والباردة والمستقرة والختامية، مع التمييز لكل منهما عن الأخـرى، والـتي ترسـم وتوضح على خرائط الطقس اليومية والتنبؤات الجوية.

وهناك أنواع أخرى من الجبهات التي لا يتم رسمها على خرائط الطقـس، مثل الجبهات القطبية والاستوائية، والضعيفة (المتجمدة) والعالية. وتعتـبر الجبهـة الأخيرة، هي الجبهة التي تظهر في طبقات الجو العليا، ولذلك فهـي تهـم الملاحـة الجوية على وجه الخصوص، كما أنها تؤثر لحد كـبير، علـى الأحـوال الجويـة في الطبقات السفلى من الغلاف الغازي.

أما الفصل العاشر، فقـد عـالج المنخفضـات الجويـة Depressious الـتي تحدث في العروض المعتدلة الدافئة والبـاردة، مـا بـين دائرتـي عـرض35 إلى65° شمـالاً وجنوبـاً. وتسـود هـذه الظـاهرة المناخيـة ضـمن نطـاق الريـاح الغربيـة والدائمة، والرياح العكسية اللتين تهبان من الغرب باتجاه الشرق.



ويحدث المنخفض بعد تقابل كتلة هوائية حارة مع كتلة هوائية باردة، ثم يبدأ المنخفض بالتدريج في تشكيل الانحدار أو الجيب Through والذي يجذب إليه الرياح الباردة، ثم تبدأ السحب التراكمية المزنية بالتشكل وسقوط الأمطار بغزارة.

ولكن هل هناك فرق بين المنخفضات الجوية والأعاصير المدارية؟؟

إن الذي يميز الأولى عن الثانية هو أن الأولى تحدث في العروض الواقعة بين 35°–65 شمالاً وجنوباً، وبينما تحدث الأولى في حوض البحر المتوسط وشمال غرب أوروبا، تحدث الثانية في البحر الكاريبي وبحر الصين الشرقي والجنوبي، وسواحل شرق أستراليا وشرق إفريقية وسواحل اليابان وكوريا. وخليج عمان كإعصار جونو Gonu. وبينما تحدث المنخفضات الجوية ضمن الرياح الغربية العكسية، فإن الأعاصير المدارية تحدث ضمن الرياح التجارية والموسمية. وبينما تتحرك المنخفضات الجوية من الغرب إلى الشرق، فإن الأعاصير المدارية تتحرك من الشرق إلى الغرب في غرب المحيطات بوجه عام. وغالباً ما يخطئ رجال الرصد الجوي في التنبؤ المتوقع من خرائط الطقس التي تبثها الأقمار الاصطناعية كل يوم. ويعزى ذلك أحياناً لانحراف المنخفض الجوي عن مساره المتوقع، فيتجه لمنطقة أخرى، أو أحياناً يمتلئ هذا المنخفض Occluded وينتهي، وبذلك تنتهي بالتالي فعاليته.

وربما يتطرق للذهن السؤال التالي :لماذا تتشكل هذه المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط بالذات؟؟

يحدث ذلك نتيجة لكون البحر المتوسط في فصل الشتاء، في منطقة ضغط منخفض، ويتشكل للشمال منه ضغط جوي مرتفع، يغطي منطقة سيبيريا وشبه جزيرة الأناضول وشرق القارة الأوروبية وأرض الهلال الخصيب شمالاً، وبين



الضغط الجوي المرتفع الآزوري (فوق جزر الآزور) والجاثم فوق شمال إفريقية جنوباً، الأمر الذي يؤدي إلى عبور كتلة هوائية قطبية قارسة البرودة CP. للبحر المتوسط، فتلتقي بدورها مع الكتل المدارية البرية الدافئة CT، والجاثمة فوق شمال إفريقية، مما ينجم عنه تشكل المنخفضات الجوية التي تسوقها الرياح العكسية من حوض البحر المتوسط الغربي إلى سواحله الشرقية والشمالية والجنوبية.

كما يتناول الفصل الحادي عشر دراسة أضداد الأعاصير Anti Cyclones، والتي تعرف على أنها عكس المنخفضات الجوية بوجه عام. فبينما يتصف المنخفض الجوي بأنه إعصار دوراني يشبه في خطوط ضغطة المتساوية الاسطوانة، حيث تدور الرياح حوله بشدة متناهية، فإن ضد الإعصار Anti –Cyclone يرسم على خريطة الطقس على شكل دوائر عرض متحدة المركز بعكس المنخفض. ويرافق غالباً ضد الإعصار طقس لطيف، حيث يتصف بالجو الصحو الجميل، والرياح الخفيفة قرب مركز المرتفع الجوي، كما يتميز الهواء بالاستقرار.

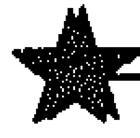
أما أسباب تكون أضداد الأعاصير فتعزى لانخفاض درجة حرارة الهواء انخفاضاً شديداً، الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع كثافته وبالتالي ضغطه الجوي. هذا بالإضافة إلى تأثير هبوط الهواء البارد، من طبقات الجو العليا إلى سطح الأرض، فيما وراء المدارين (30-35° شمالاً وجنوباً)، بجانب تتابع المنخفضات الجوية التي تفصلها بعضها عن بعض، مناطق المرتفعات الجوية – Anti Cylones. وأخيراً انخفاض حرارة الهواء عند ملامسته للغطاءات الجليدية، كما هو الحال في جزيرة غرينلاند وشمال سيبيريا والقارة القطبية الجنوبية، وغيرها من الغطاءات الجليدية في العالم.



وأما الفصل الثاني عشر، فيتناول دراسة أنواع الأعاصير المدارية وأعاصير التورنادو والفرق بينهما. فالأعاصير الأولى تتراوح سرعة الرياح فيها ما بين 150 إلى 300 كم بالساعة، بينما تصل في الثانية ما بين 350-555 كم بالساعة، وبينما ينحدر الضغط الجوي في الأولى ما بين 900-800 ملليبار، ينخفض الضغط الجوي في الثانية ما بين 750-600 ملليبار. وبينما يقل قطر الأعاصير المدارية عن 650 كيلو متراً، فإن قطر الأعاصير الثانية ينحدر لما بين 100-1500متر فقط !! وبينما تسوق الرياح الغربية التورنادو Tornado بسرعة تتراوح ما بين 40-75 كم بالساعة، فإن الرياح الموسمية تدفع هي الأخرى بسرعة تتراوح ما بين 150- 200 كيلو متر فأكثر في الساعة.

وفي حين تظهر الأعاصير المدارية في غرب المحيطات كالهادي والأطلسي بحيث لا تتوغل في اليابس أكثر من 30 كم، فإن أعاصير التورنادو تحدث فوق اليابس والماء معاً. وإذا ما قدر لهذا النوع الأخير من الأعاصير العبور فوق المسطحات المائية، فإن المياه تضطرب اضطراباً شديداً، وقد تخرج من سطح الماء نافورة يصل ارتفاعها أحياناً لأكثر من 50 متراً، وقطرها ما بين 8–15متراً، كما يتدلى من السحاب مخروط طويل يمتد نحو الأرض والذي يعتبر بدوره نذيراً باقتراب التورنادو الجبار. وحينما يتوجه رجال الرصد الجوي له، لقياس خصائصه المناخية كالحرارة والضغط الجوي وسرعة الرياح العاتية والرطوبة، تصبح العملية من الصعوبة بمكان، ولكنهم يتحايلون عليه، بوضع دشم إسمنتية ثقيلة في سيارة شحن لقياس ذلك. ويحدث التورنادو في ولايات ميسوري ونبراسكا وتكساس بالولايات المتحدة، وتورنادو آخر يحدث في خليج غينيا في إفريقية.

أما الأعاصير المدارية فتحدث في بحار الصين واليابان، وكوريا والكاريبي، وشرق أستراليا وشرق مدغشقر، ومنها أعاصير التيفون بالصين، والهاريكين في



البحر الكاريبي والويلي ويلي باستراليا والباجيوس في سواحل الفلبين، والميمي في سواحل كوريا والماوار في سواحل اليابان وغيرها.

ويركز الفصل الثالث عشر على دراسة العواصف الرعدية والبرق وأنواعها، وأسباب حدوثها، وأماكن توزيعها وكيفية نشوئها، ومراحل تكوينها من مرحلة بداية تشكل العاصفة الرعدية إلى مرحلة النضج، فمرحلة التشتت أخيراً. كمال تناولت الدراسة في هذا الفصل أشكال البرد كشكل من أشكال التساقط وتدرج حجمه من حبة الحمص فحبة البلح، وأحياناً تصل إلى حجم حبة البرتقال كما حدث بالقصيم وفي ساحل الدمام بالمنطقة الشرقية بالمملكة السعودية في شهر شباط/ عام 1982م.

ثم التطرق لنتائجها السلبية على المزروعات ووسائل النقل والأفراد. وتحدث هذه الظاهرة بوجه عام، بين دائرتي عرض 10° -50° درجة شمالاً وجنوباً من سطح الأرض. وقد لاحظ العديد من علماء المناخ مثل سمرز P.W Summers و وبول Paul, A.H. عام 1970م من خلال دراستهما، أن هذه الظاهرة تحدث بشكل مستمر في المنطقة الواقعة للشرق من جبال الروكي، في مسار الرياح الغربية، بعد انضغاطها وتسخينها، فتؤدي لحدوث العواصف الرعدية والبرق، كما أنها تحدث غالباً في المناطق الحضرية، أكثر من المناطق الريفية، وفوق المناطق الجرداء والمسفلتة، عنها في المناطق المغطاة بالكساء الأخضر.

كما تبين للعديد من الباحثين الآخرين أمثال Reihle, H. وهاداس Hadas, A. وكامل ظاهر، أن شهر شباط هو من أكثر الشهور الذي تحدث فيها ظاهرة تساقط البرد بوجه عام، تليه أشهر كانون الثاني وكانون أول وآذار على الترتيب.

أما الفصل الرابع عشر، فيتناول دراسة العوامل المؤثرة في المناخ، مثل



درجات العرض والتضاريس وتوزيع اليابس والماء، وتأثير التيارات البحرية الدافئة والباردة، وكذلك مناطق الضغط المرتفع والمنخفض على المكان. هذا بالإضافة إلى تأثير اتجاه هبوب الرياح الدائمة والموسمية والمحلية على المكان بجانب تأثير الغطاء النباتي والكتل الهوائية المدارية والقطبية البحرية منها والقارية، على مناخ المنطقة سواءً أكان قارة أو قطراً، إقليماً كبيراً أو صغيراً، طبيعياً كان أم بشرياً.

وفي الفصل الخامس عشر، تطرقت الدراسة للتصانيف المناخية، كتصنيف فلاديمير كوبن Wladimir Koppen الألماني عام 1936م، تحت عنوان النظام الجغرافي للمناخ في العالم. حيث ارتكز في تصنيفه على المعدلات الشهرية والسنوية لكل من درجات الحرارة وكميات التساقط. كما اعتبر هذا العالم الاختلافات النباتية انعكاساً للظروف المناخية المتنوعة فوق سطح الأرض.

كما أوضح أن شدة التبخر تقود إلى فقدان كميات كبيرة من رطوبة التربة، الأمر الذي ينعكس مباشرةً على شكل الغطاء النباتي، في المكان الذي ترتفع فيه درجة الحرارة كثيراً، كالمناطق الجافة وشبه الجافة.

أما الأستاذ أوستن مللر .Auston, M، فقد اعتمد في تصنيفه على ما أقترحه الأستاذ الفرنسي دي مارتون De Martone عام 1925م. ولكن الفرق بينهما أن دي مارتون قد وضع المعدل °20 مئوية لتحديد الأقاليم الحارة، والمعدل °10 مئوية، لتحديد الفصل البارد في الأقاليم المعتدلة والباردة معاً. أما الأستاذ مللر Miller فقد استخدم المعدل °18 في تحديد الأقاليم الحارة، والمعدل °6 مئوية في تحديده للفصل البارد في الأقاليم المعتدلة والباردة، ولكنه عدل عنه، وعدّل معظم التصنيفات المناخية الأخرى، حيث ركز على العلاقة الوثيقة بين المناخ والحياة النباتية العامة بطريقة أكثر تحديداً وواقعية.

ويعتبر أوستن مللر أن الفصل الدافئ هو الفصل الذي يطلق عليه اسم



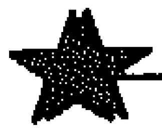
فصل النمو، أما الفصل البارد، فيتواءم مع الفترة التي يتوقف أثناءها نمو بعض النباتات؛ حينما تنخفض معدلاتها الحرارية عن صفر النمو والبالغ نحو 6 درجات مئوية.

أما الأستاذ فلوهن Flohn, M. H (1912م- 1997م) فقد صنّف العالم إلى سبعة نطاقات مناخية رئيسه، استناداً إلى أحزمة الضغط الجوي والرياح موضحاً بذلك توزيع أقاليم فلوهن المناخية على قارة افتراضية.

ولكن يبقى تصنيف العالم كوبن هو الأفضل من بين التصنيفات التي وردت، سواءً في هذا الكتاب أو في كتب أخرى.

أما الفصل السادس عشر، فيعالج الأقاليم المناخية والمتمثلة في الإقليم الاستوائي والإقليم السوداني والموسمي، والبحر المتوسط والصيني، ومناخ غرب أوروبا ومناخ السهوب (الاستبس) والمناخ الصحراوي المداري والقطبي والبارد ومعالجة سمات وخصائص كل إقليم مناخي على حدة. واختيار أمثل محطات المدن لكل إقليم وتحديد مواقعها الفلكية ودرجة عرضها وارتفاعها عن سطح البحر.

وقد تناول الفصل السابع عشر معالجة الأقاليم النباتية وخصائص كل منها على حدة، وأماكن توزيعها كالإقليم النباتي الاستوائي بالأشجار الاستوائية التي يزيد ارتفاعها عن 70 متراً، والأشجار الموسمية وأشجار البحر المتوسط والأشجار المخروطية في غابات التايبغا، كما تطرق إلى شكل آخر من أشكال الغطاء النباتي، وهي أعشاب السافانا وأعشاب اللانوس، والكامبوس المدارية، ومن ثم إلى حشائش البراري والبامباس والسهوب (الاستيس) المعتدلة. ثم التطرق إلى نباتات الصحارى كالأشواك والصبار والنباتات المحبة للملوحة كالحلفا والشورة (المانجروف) والكوخيا Kochia، وشجيرات القطف الملحي



وأشجار السنط والسَلَمْ والطرفا، والأثل التي تنمو في مجاري الأودية الصحراوية الجافة.

بالإضافة إلى نباتات قصيرة تعيش مدة تتراوح ما بين 6 إلى 8 أسابيع كالأقحوان والدحنون، في المناطق التي تتعرض للعواصف الرعدية الفجائية، أما في حواف الغابة المخروطية فتنمو فيها نباتات الطحالب والحشائش القصيرة والأشينات وحشائش البحر وعنب الثعلب في مناطق التندرا .Tundra.

أما نباتات الجبال فتندرج حسب مواقعها من دوائر العرض كجبال الهملايا وأمريكا الوسطى والجنوبية وجبال إفريقية الواقعة على خط الاستواء مثل جبل كينيا وجبل كليمنجارو، حيث تتدرّج من الأشجار الموسمية فالمختلطة ثم الأشجار الصنوبرية، فالحشائش ثم الطحالب والأشينات من أسفل المرتفعات حتى تصل إلى خط الثلج الدائم في قمم تلك الجبال..

وفي الفصل الثامن عشر ركزت الدراسة على المناخ وتأثيره في البيئة، كأحد عناصر البيئة الطبيعية، حيث لا ينتهي دور هذا العامل الطبيعي عند وضع الإحصاءات المناخية للأقاليم المختلفة في العالم، وإنما يتعدى ذلك إلى محاولة تحليل وتفسير هذه النتائج في ظل العوامل المؤثرة فيها. فهو يعالج تأثير المناخ في التربة وتصنيفها والغطاء النباتي وأنواعه وأشكاله وفي دورة المياه السطحية والجوفية، والمتبخرة من المسطحات البحرية والمياه القارية وكميات التساقط عليها، كما يؤثر في الحيوانات البرية والبحرية وهجراتها من مكان لآخر، بالإضافة إلى تأثيره في عناصر البيئة البشرية كالنقل بأنواعه المائي والبري والجوي كما يؤثر في النشاط الزراعي والصناعي والعسكري والرعوي وبعض الأعمال الهندسية، كذلك يؤثر في الإنسان من حيث لونه وشكل شعره وشكل الوجه والعين وشكلها، وفي ملبسه ومسكنه وراحته النفسية ونمط حياته الاجتماعية ونحو ذلك.

كما يلاحظ أن للمناخ دوراً في الحيوانات، فلكـل بيئـة حيواناتهـا المتميـزة والمتكيفة فيها. فالبيئة القطبية تعيش فيها الـذئاب والدببـة، والثعالـب والأرانـب القطبية، بفراء وجلد سميكين، وبألوان تكاد تكون بيضاء مع لون الثلج. كما أن سهول السافانا الإفريقية تسـرح فيهـا قطعـان الغـزلان كغـزلان النـو والـزراف والفيلة، والخراتيت (وحيد القرن)، بجانب الأسود والفهـود والنمـور والكـلاب البرية. كما أن القارة القطبية الجنوبية الخالية من البشر تكاد تكون طيور البطريـق هي الساكن الوحيد لتلك القارة بأعداد هائلة، لتحملها لدرجة الحرارة المنخفضة التي تصل لنحو 50 درجة مئوية تحت الصفر.

كما أن التربة التي تتشكل تحـت نطـاق الغابـات المخروطيـة، تختلـف عـن التربة التي تنشا تحت الغابات الاستوائية أو الموسمية. فالأولى هي تربة البـودزول الحمضية الفقـيرة، والثانيـة هـي التربـة الطوبيـة الحمـراء الـتي تتعـرض للغسـل باستمرار. وهاتان التربتان تختلفان عن الترب الناشئة تحت تطاق أعشاب السافانا أو البراري والبامباس. حيث تعتبر الترب الأخـيرة هـذه مـن أفضـل وأخصـب أنواع التربات في العـالم، والأنسـب لزراعـة المحاصـيل الحقليـة. وعليـه، نجـد أن للمناخ دوراً رئيساً في التأثير على عناصر البيئة الطبيعية والبشرية.

أما الفصل التاسع عشر والأخير فيعالج ظاهرة التغير المناخي عـبر تـاريخ الكـرة الأرضـية، فهـل هـذه الظـاهرة المناخيـة حقيقـة أم خيـال؟؟ لقـد أثبتـت الدراسات التي أجراها العديد من العلماء بهذا الصدد علـى أن تغـير المنـاخ هـو حقيقة وليس مجرد خيال. فالدلائل تشير على أن الحفريـات النباتيـة والحيوانيـة، التي وجدت في البيئة القطبية حينما كانت مداريـة المنـاخ آنـذاك وتغـير سـواحل



البحار والمحيطات والبحيرات بجانب المصاطب النهرية والخرائب الحضرية مثل مدن مدائن صالح والبتراء وتدمر في شمال المدينة المنورة وبادية الشام، كلها مجتمعة تؤكد على ذلك. فهناك بعض علماء المناخ مثل الأستاذ لاندسبرج Landsberg, H.E الذي أشار إلى أن كتلة بانجايا Pangea التي كانت تشكل كرتنا الأرضية قد أخذت تتمزق إلى كتل أصغر فأصغر، فشكلت القارات والجزر والخلجان والمضائق والبحار والمحيطات الفاصلة بينها جميعاً، ثم أخذت القارات تتزحزح شيئاً فشيئاً مع انحراف في ميل الأرض. فالتذبذبات المناخية الناجمة عن ذلك الميلان، ثم التغيرات التي طرأت على كميات الانبعاث للإشعاع الشمسي الواصل للأرض وتأثير ذلك على الحرارة والضغط الجوي والرياح والتساقط والرطوبة، وانعكاس كل ذلك مجتمعة على الحياة النباتية والحيوانية. الأمر الذي أدى إلى أن هذه الظاهرة قد حدثت بالفعل فوق سطح هذا الكوكب العامر، بالماء والهواء وبالنبات والحيوان والإنسان والعمران، بما يميزه عن غيره من الكواكب السيارة الأخرى حول الأم الشمس.

كما أن تعرض هذا الكوكب لظواهر مناخية عصرية أخرى، كظاهرة النينو El-Nino حينما ترتفع درجة حرارة المحيط الهادئ الذي تزيد مساحته عن 142 مليون كم^2، إلى نحو درجتين مئويتين إضافيتين فوق المعدل العام، الأمر الذي يؤدي للعواصف الرعدية والأمطار الغزيرة، مع الفيضانات خاصة في سواحل الإكوادور وبيرو وأمريكا الوسطى على الساحل الشرقي من ذلك المحيط المذكور. ولكنه يتعرض لظاهرة النينا El-Nina، حينما تنخفض درجة حرارته درجة مئوية واحدة عن المعدل العام، فتتأثر بهذه الظاهرة سواحل أمريكا الوسطى والجنوبية في الإكوادور وبيرو، حيث لا تحدث فيضانات كظاهرة النينو.

كما أن هناك ظاهرة أخرى كظاهرة الجزيرة الحراريـة Heat Island، الـتي تحـدث في أواسط المدن الكبرى، حينما ترتفع درجة الحرارة فيهـا مـا بـين 2-5 درجـات مئوية، عما هو كائن في مناطقها الريفية.

ويمكن الحد من تأثير هذه الظاهرة المناخية الأخيرة، بحمايـة المراكـز المدنيـة وذلك بغرس العديد من الأشجار الحرجية والتوسع في المسـطحات الخضـراء في مواضع المدن وتخفيض نسبة أكاسيد الغازات الكربونية والكبريتية، وغيرهـا مـن الغازات الناجمة عن وسائط النقل المختلفة لتكون رئات خضـراء في تلـك المـدن المكتظة.

الفصل الأول

الغلاف الجوي وأهميته

الفصل الأول

الغلاف الجوي وأهميته

- مقدمة.
- طبيعة الغلاف الجوي وخصائصه.
- مكونات الغلاف الجوي.
- هل هناك فرق بين الطقس والمناخ؟
- الغلاف الجوي القياسي.

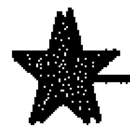
الفصل الأول
الغلاف الجوي وأهميته

مقدمة

لقد أوضحت دراسة الأحوال الجوية والمناخية ضرورة ملحة في حياتنا اليومية بكل نواحيها تقريباً. لذلك وجهت إليها معظم الدول المتقدمة جل عنايتها لانعكاساتها المباشرة إيجاباً أو سلباً على البيئة، بل أصبحت النشرات والتنبؤات الجوية تذاع بانتظام من معظم محطات الإذاعة، وتنشر في مختلف الصحف حتى يستفيد بها كل من كان عمله مرتبطاً بالأحوال الجوية.

فكل منا يتحدث عن الجو ويتابع باهتمام تقلباته اليومية والموسمية وتأثيراته على حياتنا اليومية، ولكن القليل القليل من يعرف ماهية وكيفية ما يجري في هذا الغلاف الجوي الهائل من الهواء، والذي يغلف الكرة الأرضية وبدور حولها مشكلاً إحدى أغلفتها الرئيسة الأربعة. ويعتبر الغلاف الغازي هذا أحد النظم البيئية الرئيسة، وهي النظام الصخري والنظام المائي والنظام الغازي والنظام الحيوي. حيث إنه يؤثر ويتأثر بباقي هذه النظم. ونظراً لتركز كتلة الغلاف الغازي في الطبقات السفلى من الغلاف الجوي، فإن علم الجغرافية يهتم بدراسة الطبقة السفلى (التروبوسفير) (Troposphere) أكثر من غيرها.

وهذا الغلاف الذي يدور حول كرتنا الأرضية مكون من خليط من الغازات، تتخللها جسيمات دقيقة عالقة من مواد صلبة كالأتربة والدخان، ومواد سائلة كبخار الماء. وقد اتفق على أن الحد الأعلى للغلاف الغازي هو ألف كيلو متر فوق مستوى سطح البحر، حيث يندمج بالفضاء الخارجي ويصبح



قليل الكثافة. ويفضل بعض العلماء عدم وضع حد بين الغلاف الجوي والفضاء[1].

ويُعتبر علم المناخ أحد فروع الجغرافية الطبيعية حيث يرتبط مع علم الأشكال الرياضية في تحليل مفصل للبيئة الطبيعية التي يعيش فيها الإنسان. كما يسهم هذا العلم في بناء القاعدة الأساسية للكثير من العلوم الإنسانية وأفرع الجغرافية البشرية[2].

ونتيجةً لهذه الميزة التي يتصف بها هذا العلم، فقد أمكن للباحثين في مختلف التخصصات تفسير الظاهرات البشرية المتنوعة على سطح الأرض تفسيراً دقيقاً وشاملاً. فما العوامل الخارجية للتعرية في سطح القشرة الأرضية وتشكيلها للأشكال الأرضية المختلفة إلا أنها ناجمة عن الظروف المناخية المتنوعة، بل هي انعكاس حقيقي لها. كما أن هذه الظروف لها تأثير بارز في تنوع أوجه النشاط الاقتصادي للإنسان، بل وفي ملبسه ومسكنه وصحته وقدرته على العمل[3].

وينتج عن تفاعل الغلاف الغازي (تبعاً لسقوط الأشعة الشمسية، على سطح الكرة الأرضية ومرورها عبر هذا الغلاف) مع الأغلفة الطبيعية الأخرى لكرتنا الأرضية الجميلة، حدوث تنوع كبير في درجات حرارة الهواء الملامس للأجزاء المختلفة من سطح الأرض، وبالتالي اختلاف كبير كذلك في مقدار الضغط الجوي واتجاه الرياح وسرعتها، وكمية الأمطار الساقطة من جزء إلى آخر على سطح الأرض. وطبقاً لتنوع هذه العناصر الجوية أو العناصر المناخية

---

(1) Karus, E. B.; Atmosphere – Ocean Interaction, New York Oxford University Press, 1972, PP. 11-25.

(2) أعلى نطاق الجاذبية الأرضية البالغة نحو 800 كم عن وكالة ناسا الأمريكية.

(3) طريح شرف، الجغرافية المناخية، الإسكندرية، 1985م.

Climatic Elements تتنوع حالة المناخ Climatic Conditions من مكان لآخر على سطح كوكبنا هذا.

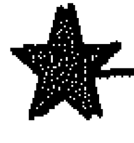
ولا يستطيع أي باحث كان، تحديد الوضع المناخي في مكان ما من أرضنا هذه، إلا بدراسة خصائص الغلاف الجوي، ورصد التغيرات اليومية لعناصره المختلفة، ثم حساب المعدلات الشهرية والسنوية لهذه العناصر وذلك لمدة لا تقل عن35 عاماً، حتى يمكن معرفة الصورة العاملة لحالة المناخ لأي منطقة ما من سطح الأرض.

طبيعية الغلاف الجوي وخصائصه

يتكون هذا الغلاف من عدة غازات، وهو بهذا لا يعتبر مركباً كيماوياً. ومن خصائصه انه عديم اللون والطعم والرائحة. كما أنه سهل الانضغاط، ولذلك تتناقص كثافته من أسفل إلى أعلى، وإن كان من المعروف أنه يبدأ في التلاشي تدريجياً على ارتفاع يتراوح ما بين (300-500) كم تقريباً. ومن الثابت بوجه عام أن معظم الغازات التي يتكون منها الهواء تختفي غالباً قبل الوصول إلى هذا الارتفاع. ويقدر بوجه عام أن نحو 50% من الوزن الكلي للغازات التي يتألف منها الهواء تتجمع في الطبقات السفلى من الجو، حتى ارتفاع 6 كيلو مترات تقريباً. وأن نحو 25% من هذا الوزن توجد في الـ 6 كيلو مترات والنصف التي تعلو ذلك[1].

ولولا هذا الغلاف الغازي لارتفعت درجة حرارة الأرض في النهار إلى نحو (94) درجة مئوية، ولانخفضت في الليل إلى نحو (148) درجة مئوية تحت الصفر. كما يقوم هذا الغلاف بحماية الحياة من بعض أنواع الأشعة المضرة

(1) Koeppe, C. E.; and G. C. Delong; Weather and Climate, Copyright, 1958, Mc Graw – Hill Book Company, PP. (13-35, 51-85).



كالأشعة الفوق البنفسجية، كما يقوم بحماية الأرض من وصول جميع الأشعة الشمسية إلى سطحها. كذلك يعتبر الغلاف الغازي العامل المسؤول عن ظاهرتي التبخر والأمطار، والتي تؤدي إلى تواجد المياه العذبة على كوكب الأرض، ويتكون الغلاف بوجه عام من أربع طبقات رئيسة من الأسفل إلى الأعلى وهي:

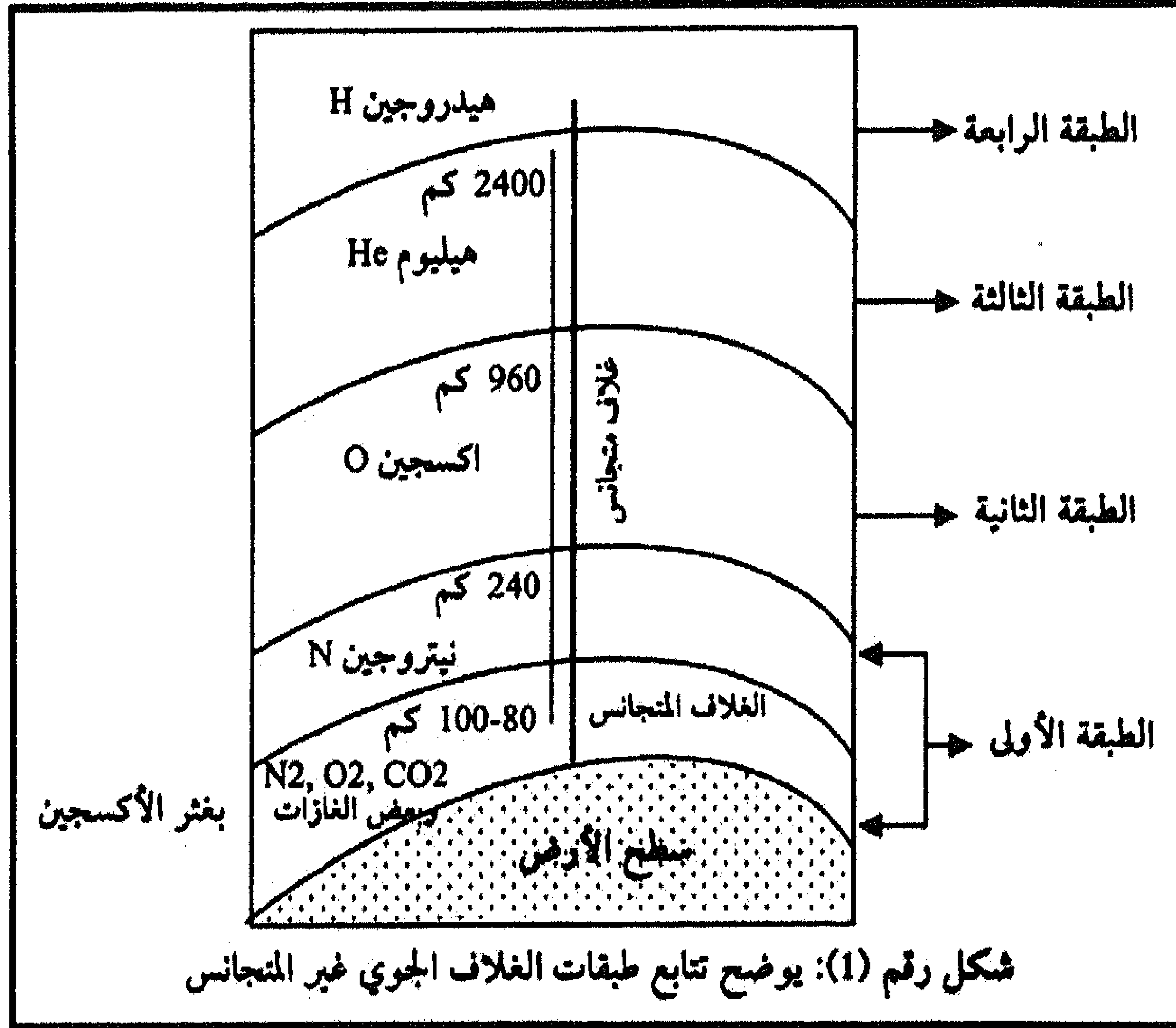
1. التروبوسفير: Troposphere.
2. الاستراتوسفير: Stratosphere.
3. الميزوسفير: Mesosphere.
4. الايونوسفير: Ionosphere .

1. طبقة التروبوسفير:

تقل خلال هذه الطبقة درجة حرارة الهواء مع الارتفاع بمعدل يتراوح ما بين 6-8 درجات مئوية لكل كيلو متر، وأحياناً تتكون في بعض أجزائها طبقة ضحلة تزداد فيها درجة الحرارة بالارتفاع. ويسمى ذلك بالانقلاب الحراري، ويسمى الحد العلوي لطبقة التروبوسفير بالتروبوبوز Tropopause. حيث يتراوح ارتفاع هذا السطح بين 18 كم عند خط الاستواء و8 كم عند القطبين. كما أن هذا السطح غير متصل قرب التيارات الهوائية النفاثة.

وطبقة التروبوسفير هذه، هي التي تهمنا دائماً عند دراسة الجو والمناخ، لأنها تمثل الميدان الذي تتمثل فيه جميع الظواهر الجوية والمناخية، مثل السحب والأمطار والعواصف والأعاصير والتيارات الصاعدة وغيرها. ويلاحظ أن درجة الحرارة في طبقة التروبوسفير تتناقص كلما زاد الارتفاع بمعدل درجة مئوية واحدة لكل (150) متراً تقريباً. وهي عظيمة الثقل جداً بسبب ضغط الطبقات

الواقعة فوقها إذ يقدر وزن طبقة التروبوسفير لوحدها بنحـو 4/ 5 وزن الغـلاف الجوي كله[1].



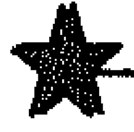
شكل رقم (1): يوضح تتابع طبقات الغلاف الجوي غير المتجانس

2. طبقة الاستراتوسفير:

وتقع هذه الطبقة فوق طبقة التروبوسفير، ولا يتعرض هـواء هـذه الطبقـة (الاستراتوسفير) إلا إلى تغيرات بسيطة في درجة حرارته. ويمكن أن تشبه هواءها بالهواء الشتوي في المناطق القطبية إلى حد كبير، وقد اتضح أنها تبدو أعظم سمكاً عند المناطق القطبية أكثر من (55) كيلو متراً[2].

(1) Palmen, E. and C. W. Newton, Atmosphere Circulation Systems, New York. Academic Press, 1968, PP. 80-81-130.

(2) د. أبو العينين، أصول الجغرافية المناخية، دار النهضة العربية، بيروت، 1985م.



ويتراوح سمكها بوجه عام ما بين (55-78)كم، ومن أهم خصائص هذه الطبقة أنها لا تتأثر بالإشعاع الأرضي، إذ تحتوي على كمية قليلة جداً من الرطوبة والغبار الناجم عن الانفجارات البركانية. وبينما يزداد سمكها عند المناطق القطبية تختفي معالمها تماماً فوق المناطق الاستوائية. وعند الأطراف العليا لطبقة الستراتوسفير يتجمع غاز الأوزون O_3 أو الأوكسجين الذري وعلى ارتفاع يتراوح ما بين (15-55) كم. وتتميز هذه الطبقة بقدرتها على امتصاص الاشعة الشمسية وبخاصة الأشعة الفوق بنفسجية والتي أذا ما وصلت جميعها إلى سطح الأرض، فإنها تؤدي إلى هلاك الحياة عليها. ونادراً ما تتكون السحب عند هذه الارتفاعات العالية. ويطلق العلماء على النهايات العليا لطبقة الاستراتوسفير اسم طبقة الاستراتوبوز Stratopause[1].

3. طبقة الميزوسفير Mesosphere

وتقع هذه الطبقة الهوائية فيما وراء الأطراف العليا لطبقة الاستراتوبوز. كما ترتفع درجة حرارة الهواء في القسم الأسفل منها، ثم سرعان ما تنخفض درجة الحرارة بالتدريج مع الارتفاع إلى أعلى لنحو -90 درجة مئوية تحت الصفر حتى النهايات العليا لطبقة الميزوسفير، والمعروفة باسم طبقة الميزوبوز Mesopause. وتبعد هذه الطبقة الأخيرة عن سطح الأرض بارتفاع يصل إلى نحو (80) كم[2]. ويرجع الفضل لهذه الطبقة الهوائية في حدوث عمليات احتراق بقايا الشهب والنيازك الساقطة من الفضاء الخارجي، والمتجهة إلى سطح الأرض.

---

(1) Barry, A. G. and Chorely,R. J.; Atmosphere, Weather and Climate, Methuen and Co. 1971, P. 63.

(2) Anthens, R. A. etal; The Atmosphere, 3rd. ed. Columbus, Ohio: Charles, E. Merrill, 1981, PP. 16-32, 55-105.

ونتيجةً لاحتراق بقايا الشهب هنا ترتفع درجة حرارة الهواء في القسم الأسفل من الميزوسفير.

4. طبقة الأيونوسفير العلوي (الثيرموسفير) الحرارية Thermosphere

وتقع هذه الطبقة فوق سطح الميزوبوز وتزداد فيها درجة الحرارة حتى ارتفاع (400) كم إذا كانت الشمس هادئة. ويمكن أن تمتد إلى ارتفاع (500) كم إذا ما كانت الشمس نشطة.

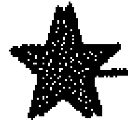
ويتغير تركيب الغلاف الجوي داخل هذه الطبقة، حيث تنقسم جزئيات الغازات إلى ذراتها بفعل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية القادمة من الشمس، وتقل بالتالي قابلية الاختلاط بين الغازات.

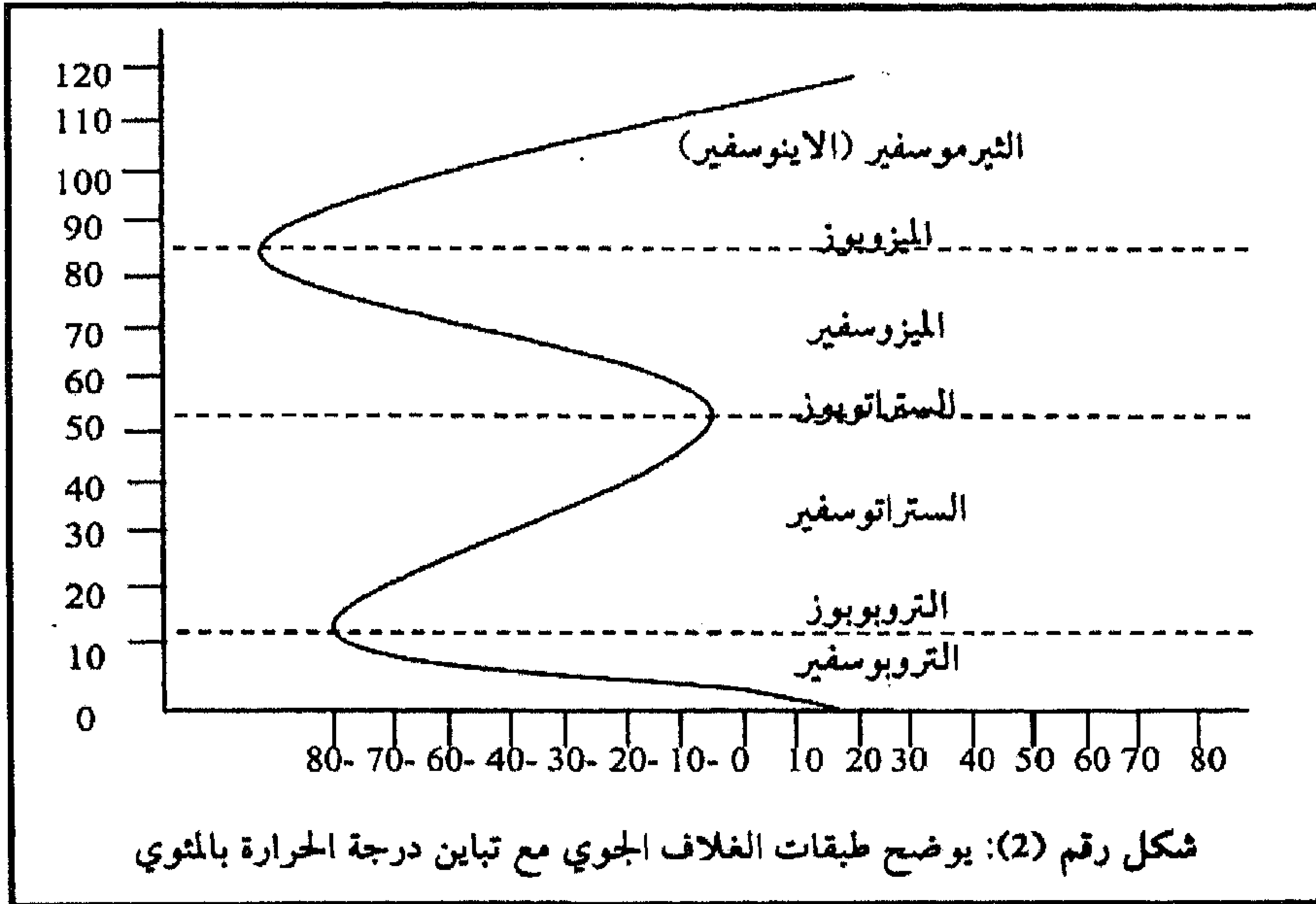
إن عملية التأيُّن مهمة في هذه الطبقة حيث تبقى كل من الإلكترونات والأيونات طليقة لفترة زمنية كافية، بينما تكون عملية التأين (أي انفصال وانطلاق الإلكترونات عن المدار الخارجي للذرة) أقل دواماً في طبقة الميزوسفير.

وعلى الرغم من أن سمك الطبقة الحرارية هذه قد يزيد عن480 كيلو متراً؛ إلا أنها تتألف من غازات خفيفة الوزن جداً وخاصة غاز النيون والهيليوم. وعليه، تتميز هذه الطبقة بعظم تخلخل الضغط الهوائي فيها إلى حد يكاد يقترب من الفراغ، وبالتالي فإن هواءها يكاد يكون معظمه في حالة تأين. أي أن ذرات الهواء تتحلل إلى مركباتها الكهربائية (البروتونات والنيوترونات والإلكترونات). وتنعكس الموجات اللاسلكية والكهرومغناطيسية وترتد إلى سطح الأرض، إذا ما اصطدمت هذه الموجات في الطبقات الهوائية من الثيرموسفير (الحرارية) والتي يزداد فيها درجة تركيز الإلكترونات[1].

---

(1) د. فهمي أبو العطا، الطقس والمناخ، الإسكندرية، 1970، ص88.





شكل رقم (2): يوضح طبقات الغلاف الجوي مع تباين درجة الحرارة بالمئوي

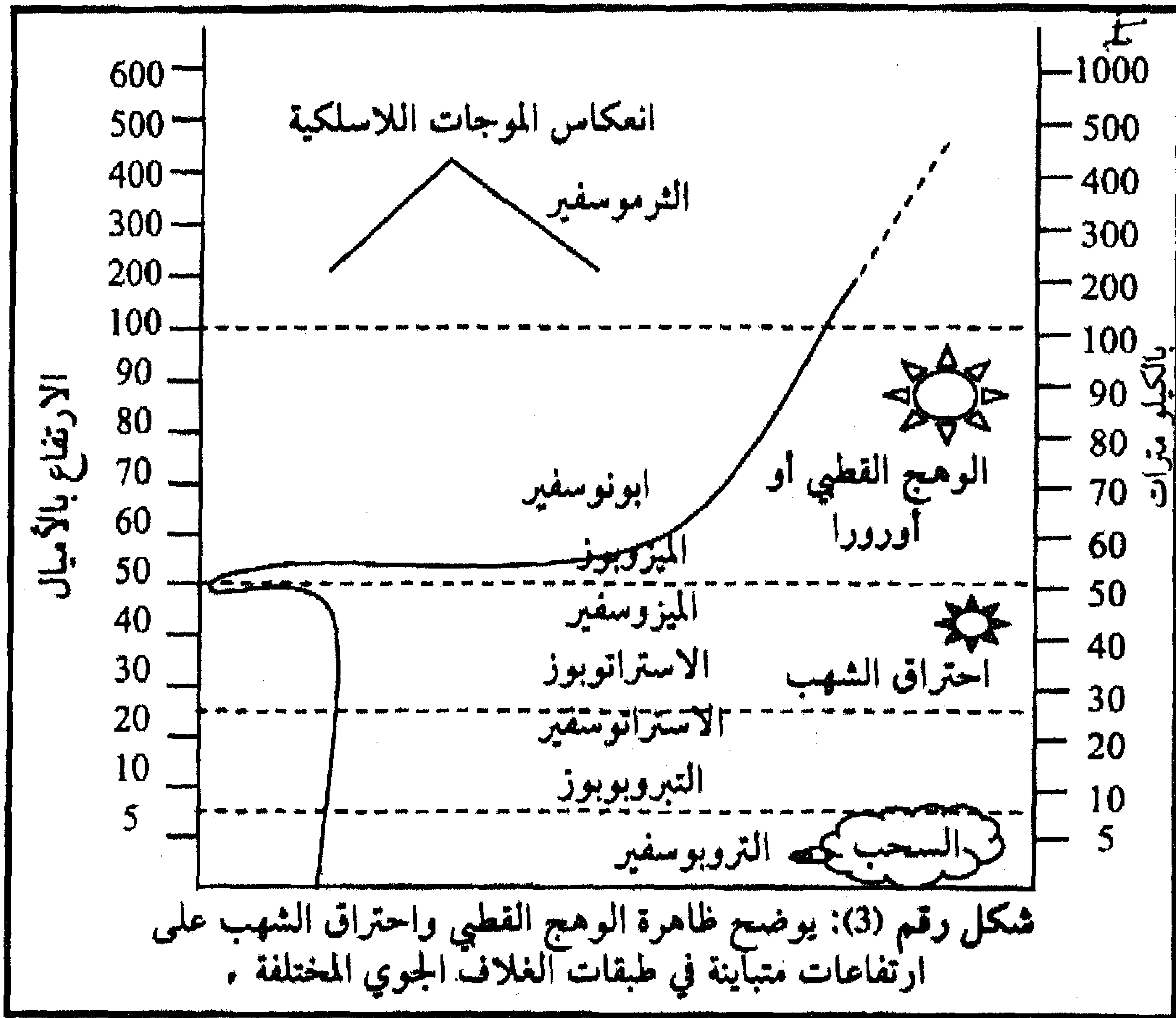
ويطلق على القسم الأسفل من الطبقة الحرارية اسم طبقة الأيونوسفير (أو الطبقة المتأينة)، والتي تتميز بوجه عام بارتفاع درجة حرارتها إلى أكثر من (1000) درجة مئوية.

وأحياناً يطلق عليه اسم (طبقة الأثير). ويقدر العلماء سمكه بنحو (50)كم. كما تبتعد أطرافها السفلى عن سطح الأرض بنحو400 كيلو متر.

وقد استطاع العلماء تحديد أبعاد هذه الطبقة الهوائية بفضل تركز الجزيئات الأيونية Ionized Particles فيها وأثرها على انعكاس الموجات اللاسلكية الكهرومغناطيسية.

وينتج عن الإلكترونات التي تصاحب سقوط الأشعة الشمسية في طبقة الأيونوسفير حدوث ما يعرف باسم الفجر أو الوهج القطبي Aurora Borealis

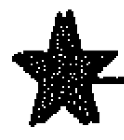
في النصف الشمالي من الكرة الأرضية[1]. وباسم الفجر أو الوهج القطبي الجنوبي أو الاسترالي Aurora Australia في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية. ويعزى سبب هذه الأضواء إلى حدوث اضطرابات كهربائية في طبقة الأيونوسفير، ينتج عنها تكوين تيارات ضوئية تشع على شكل مروحي فوق منطقتي القطبين المغناطيسيين الجنوبي والشمالي. ويمكن رصدها من مسافات بعيدة، في طبقة الأيونوسفير خلال فترات زيادة نشاط البقع الشمسية Sun Spot Activity.



شكل رقم (3): يوضح ظاهرة الوهج القطبي واحتراق الشهب على ارتفاعات متباينة في طبقات الغلاف الجوي المختلفة.

ولكن تجب الإشارة إلى أن حدوث ظاهرة الوهج القطبي في طبقة

(1) Gentilli, J. A.; A Geography of Climate, Crauly: University of Western Australia, 1952.



الأيونوسفير، ليس له أي تأثير على الظروف المترولوجية في طبقة التروبوسفير التي تشكل طقس سطح الأرض، حيث تتركز كل دراستنا لعناصر المناخ بالتغيرات التي تحدث في التروبوسفير فقط.

مكونات الغلاف الجوي:

يتألف الغلاف الجوي أساساً من أربعة غازات هي النيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون والآرغون، حيث تشكل هذه الغازات أكثر من (99.9%) من جملة حجم الهواء. ويكاد يشكل النيتروجين نحو (78%) من حجم الهواء على حين يكون الأكسجين نحو (21%) من حجم الهواء. أما الغازات النادرة التي يتألف منها الغلاف الجوي فتتمثل في النيون Neon بنسبة (18 جزء في المليون)، والهليوم بنسبة (5 أجزاء في المليون)[1]، والميثان Methan والكربتون Krypton جزء واحد في المليون، والهيدروجين 1/2 جزء في المليون وأكسيد النيتروز 1/2 جزء في المليون. ومن الغازات غير المستقرة النادرة في الغلاف الجوي، غاز الأوزون Ozone، ويشكل (0.00006) جزء بالإضافة إلى غاز الرادون.

أما ثاني أكسيد الكربون فيشكل (0.03%) هذا على فرض أن الهواء جاف تماماً فتكون كل هذه النسب ثابتة. وكلها عديمة اللون والطعم والرائحة. غير أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون تتعرض للتغير. فهو يكون معدوماً تماماً في بعض الأحيان، وأحياناً أخرى ترتفع نسبته إلى (1%)، كما هو الحال في المدن الصناعية. كما تدخل في تركيب الغلاف الجوي نسب مختلفة من بخار الماء Water Vapor، والذي يمثل أهم المواد التي توجد عالقة بالجو في كل

(1) Iqbal, M.; An Introduction to Solar Radiation, Academic Press, New York, 1982, PP. 4-41.

مكان. إلا أن نسبته تتفاوت ضمن كميات محدودة في الهواء إلى ما يقدر بنحو (4%) من جملة وزن الهواء المشبع بالرطوبة، طبقاً لعوامل عدة منها وجود المسطحات المائية وكثافة الحياة النباتية ودرجة الحرارة، حيث يقل في المناطق الصحراوية الحارة والقطبية، وبخار الماء الموجود في الجو هو الذي يعبر عنه عادةً باسم الرطوبة.

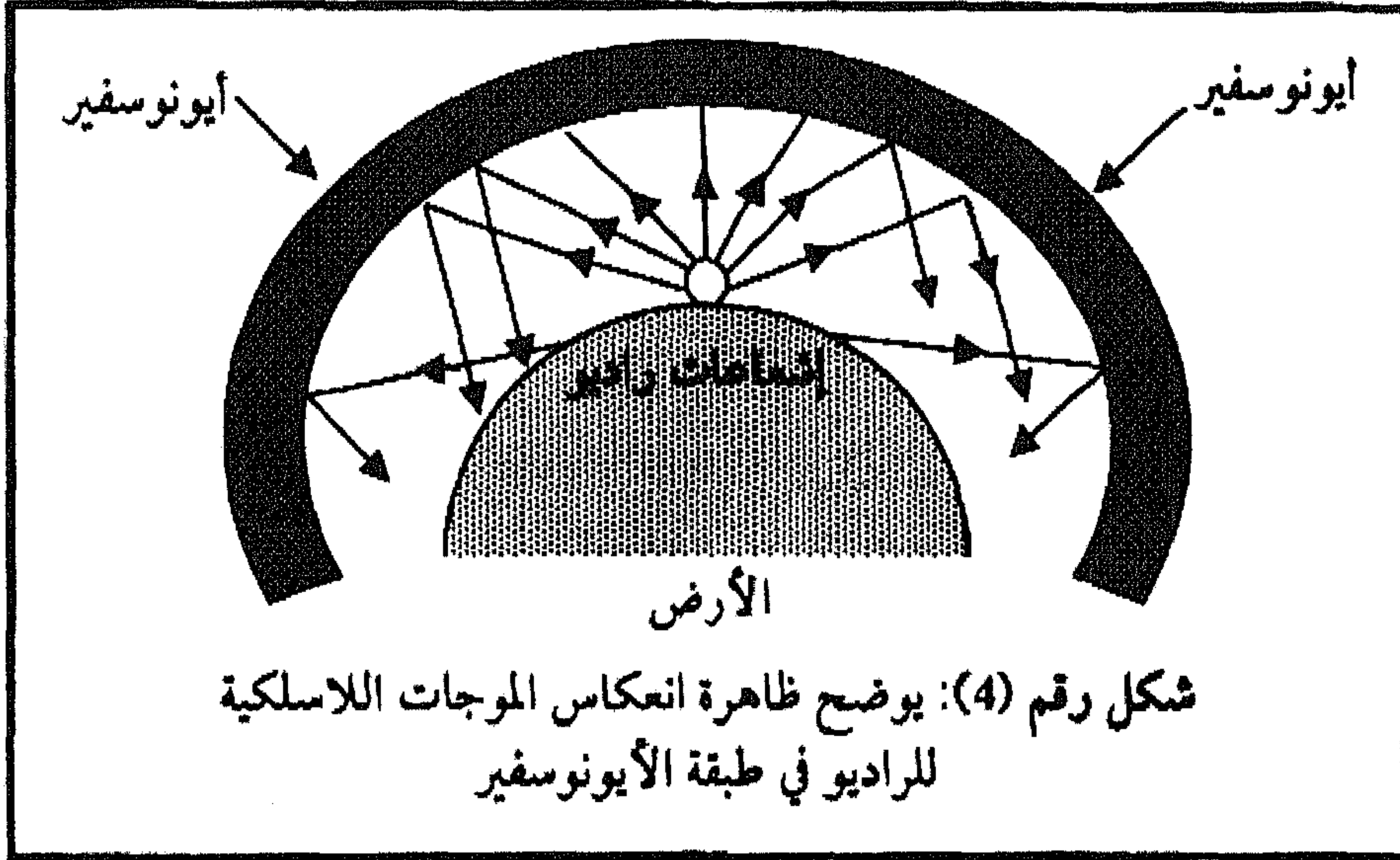
وهو العنصر الذي يهمنا عند دراسة المناخ أكثر مما تهمنا العناصر المكونة للغلاف الغازي. حيث أنه الأساس الذي تتوقف عليه جميع مظاهر التكاثف المختلفة كالسحب والأمطار والثلج والضباب والندى.

وقد يظهر على أشكال ثلاثة منها الغاز والسائل والصلب. ومن خصائصه الأخرى امتصاص الموجات الطويلة الصادرة من الإشعاع الشمسي، ثم يعمل على انعكاسها وتشتتها، وبالتالي فهو يشترك مع الغبار وثاني أكسيد الكربون في حفظ الإشعاع الأرضي بالقرب من سطح الأرض وعدم ارتداده إلى الفضاء الخارجي.

أما الغبار فوجوده في الغلاف الغازي له أهمية عظيمة، لأنه يساعد الهواء على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس أثناء النهار، كما يساعد على فقدانها أثناء الليل. كما يساعد على تكاثف بخار الماء العالق بالهواء ويحوله إلى ضباب، حيث تمثل الجزيئات الصلبة المتطايرة في الهواء من الغبار، ونويّات يتكاثف عليها بخار الماء عند انخفاض درجة الحرارة[1]. كما أنه المسؤول بالاشتراك مع بخار الماء العالق بالجو عن حدوث بعض المظاهر الضوئية الطبيعية المعروفة، مثل الشفق الذي يظهر عادةً عند غروب الشمس وأحياناً عند شروقها. ويرجع في مصدره- أي غبار الجو- إلى الأتربة الدقيقة الصلبة Dust Particles والغبار البركاني

(1) Wallace, I. and Hobbs, P.; Atmospheric, Academic Press, 1977, PP. 41-65.

والرمال الدقيقة الحجم وذرات الدخان، خاصة في المدن الصناعية. كما يحتوي الغبار أحياناً على جزيئات من أصل عضوي مصدرها أجزاء النباتات التي تجف وتتفتت وتتطاير مع الرياح، أو من النباتات التي تتطاير حبيباتها الخاصة بالتلقيح.



شكل رقم (4): يوضح ظاهرة انعكاس الموجات اللاسلكية للراديو في طبقة الأيونوسفير

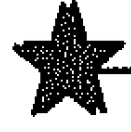
ويجب ألا ننسَ تركيب الغلاف الغازي في طبقاته العليا التي يكون فيها مختلفاً عنه في الطبقات السفلى، حيث تأخذ النسب التي توجد بها الغازات المختلفة في التغير تدريجياً كلما زاد الارتفاع. فتبدأ نسب الغازات الثقيلة مثل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين في النقصان، بينما تتزايد نسب الغازات الخفيفة مثل الهيدروجين والهليوم. كما أن كمية بخار الماء وكمية الغبار العالقة بالهواء تتناقص كذلك تناقصاً سريعاً كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر. وعلى ارتفاع ما بين 150-200كم من سطح الأرض تقوم طبقة الأيونوسفير (F2)بعكس موجات الراديو إلى الأرض.

هل هناك فرق بين الطقس والمناخ؟

يختص علم الأرصاد الجوية Meteorology بدراسة التغيرات اليومية لعناصر الغلاف الجوي، عن طريق رصد وقياس درجة حرارة الهواء والضغط الجوي واتجاه الرياح وسرعتها، وكميات التساقط خلال ساعات اليوم الواحد لأي مكان على سطح الأرض. ومن خلال تحليل هذه البيانات الطقسية المسجلة يومياً يمكن معرفة حالة الطقس اليومي، بل والتنبؤ بما سيكون الطقس عليه خلال يومين لاحقين أو أسبوع. وتهم هذه البيانات العاملين في شؤون الملاحة الجوية والملاحة البحرية، والمختصين بتأمين حالة السير والنقل فوق الطرق البرية تحت الظروف الطقسية المتنوعة، بالإضافة إلى اهتمام العاملين في الشؤون الزراعية، خاصة هؤلاء الزراع الذين يشتغلون في مناطق ذات طقس متقلب، مما قد يؤثر في حجم إنتاجهم الزراعي وفي كفاءة العمليات الزراعية المتعددة التي يقومون بها. كما يهتم كل من الرحالة والمغامرون ومتسلقو الجبال والكثير من وحدات الجيوش الحديثة، والقائمون بالخدمات العامة في المدن الكبرى، كالإنارة والمواصلات السلكية واللاسلكية والكهرباء والصرف الصحي والنقل... الخ، بتتبع التغيرات الطقسية اليومية لما قد يكون لها من تأثير في كفاءة تأديتهم لأعمالهم[1].

كما يهتم المختصون في شؤون الرصد الجوي اليومي، ومصالح الأرصاد الجوية بدراسة علم الأرصاد الجوية للتعرف على الخصائص الدقيقة لطبيعيات الجو وظواهره، بالإضافة إلى التعرف على التغيرات اليومية لقيم العناصر الجوية المختلفة.

(1) World Meterological Organization; A Survey of Human Biometiorological, Technical Note 65, Geneva, 1964 PP. 25-65.



وعليه، فالطقس هو العلم الذي يدرس الأحوال الجوية خلال فترة قصيرة من الزمن تستغرق يوماً أو أسبوعاً.

أما المناخ فهو العلم الذي يدرس الظواهر الجوية لفترة طويلة من الزمن، قد تؤخذ من خلالها متوسطات حالة الطقس لمدة لا تقل عن (35) عاماً.

فالمناخ ليس مجرد متوسطات حسابية للعناصر الجوية، بل هي نتيجة لانعكاسها على أجزاء مختلفة من سطح الأرض. وإذا اختصت الدراسات المناخية بدراسة الظاهرات المناخية لأجزاء واسعة من سطح الأرض ومعرفة الملامح العامة لهذه الظاهرات، فإن هذه الدراسة تندرج ضمن علم المناخ العام Macro – Climatology. أما إذا اختصت الدراسات المناخية بدراسة الحالات المناخية لمناطق محدودة جداً من سطح الأرض، مثل مناخ المدن Climate Town، ومناخ المناطق الصناعية Industrial Climate، فإن هذه الدراسة تدخل ضمن علم المناخ التفصيلي Micro – Climatology.

ويهتم الجغرافيون بدراسة علم المناخ لما لحالات المناخ المختلفة من أثر كبير، في صحة الإنسان ونشاطه وملبسه ومأكله ومسكنه وطبيعة عمله، وأنواع الحرف التي يقوم بها. كما تؤثر حالات المناخ كذلك في التوزيع الجغرافي للنباتات الطبيعية على سطح الأرض وتنوع العائلات النباتية والحيوانية من مكان لآخر.

كما أن للظروف المناخية المتنوعة أثرها الكبير في تنوع الغلاف التي يقوم الإنسان بزراعتها تحت الظروف السائدة، وبالتالي في توطنها الزراعي، وكذلك في طرق النقل وكثافتها، وفي التوطن الصناعي والتخطيط العمراني، بل وفي المظهر الجيمورفولوجي والأهمية الإستراتيجية لأجزاء مختلفة من سطح الأرض[1].

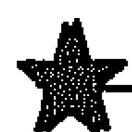
(1) Olgyah, V.; Design With Climate, Princeton, N. J. Princeton University Press, 1973, PP. 51-81.

وعليه، فقد ركزت الدراسات الجغرافية المعاصرة على فرع مهم من فروع المناخ التطبيقي Applied Climatology، إذ يهتم باحث علم المناخ التطبيقي ببيانات تفصيلية لها آثارها المباشرة في إيجاد الحلول المرضية للمشكلات الطقسية التطبيقية التي يتعرض لها هذا الباحث بالدراسة. فقد يهتم عامل الرصد الجوي (المتيورولوجي) التطبيقي، بإيجاد معلومات تفصيلية عن الندى وتركيب التساقط[1] ومعرفة وزن الثلج الساقط، ومدى سرعة ذوبانه، أو مدى سرعة التجمد فوق الأسطح المكشوفة، ومتوسط عمق المناطق المتجمدة من سطح التربة، والمحتوى الرطوبي للتربة Soil Moisture Content، وحساب التبخر والنتح Evapotransporation وتوزيع الهواء الرأسي، ومدى سرعة صعوده إلى الأعلى، وأثر كل ذلك على التوازن الحراري Heat Balance. لكن عالم المناخ يهتم بتأثير المناخ وعناصره على الحياتين الطبيعية والبشرية. وقد عظمت أهمية علم المناخ التطبيقي هذا بعد الحرب العالمية الثانية، حيث أظهرت الحرب ضرورة جمع المعلومات والبيانات الطقسية، واستخدامها في الوحدات الجوية والبحرية والبرية للجيوش؛ وضرورة الاستعانة بها عن الطقس اليومي عند التخطيط للعمليات الحربية.

الغلاف الجوي القياسي The Standard Atmosphere

يقصد بالغلاف الجوي القياسي تغير وتباين كل من درجة الحرارة والضغط الجوي وكثافة الهواء مع الارتفاع في المناطق المعتدلة. وقد اشتقت خصائصه في البداية بتطبيق قوانين فيزيائية خاصة، لكن البيانات التي جمعها فيما بعد، من خلال أجهزة الراديوسوند والأقمار الاصطناعية برهنت على صحة تلك النتائج.

(1) Rumney, G. R.; Climatology the World's Climates, New York, Mcmillan, 1968, PP. 81-130.



ويكتسب الغلاف الجوي القياسي أهمية خاصة في مجالات الطيران وغزو الفضاء، فضلاً عن أهميته في دراسة الغلاف الجوي. وقد تم في الواقع تطوير عدد من الأغلفة الجوية القياسية من قبل الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا وروسيا، بالإضافة إلى الغلاف الجوي الخاص الذي طورته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية.

جدول رقم (3): الغلاف الجوي القياسي للولايات المتحدة الأمريكية

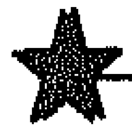
الارتفاع (كم)	درجة الحرارة (م)	الضغط الجوي (ملليبار)	كثافة الهواء (كغم/م^3)
0	15.0	1013	1.2
1	8.5	900	1.1
2	2.0	800	1.0
3	4.5-	700	0.91
4	11.0-	620	0.82
5	17.5-	540	0.74
6	24.0-	470	0.66
7	30.5-	410	0.59
8	37.0-	360	0.53
9	43.5-	310	0.47
10	50.0-	260	0.41
11	56.5-	230	0.36
12	56.5-	190	0.31
13	56.5-	170	0.27
14	56.5-	140	0.23
15	56.5-	120	0.19

الارتفاع (كم)	درجة الحرارة (م)	الضغط الجوي (ملليبار)	كثافة الهواء (كغم/م^3)
16	56.5-	100	0.17
17	56.5-	90	0.14
18	56.5-	75	0.12
19	56.5-	65	0.10
20	56.5-	44	0.088
21	55.5-	47	0.076
22	54.5-	40	0.064
23	53.5-	34	0.054
24	52.5-	29	0.046
25	51.5-	25	0.039

المصدر: دائرة الأرصاد الجوية الأمريكية.

ويتضح من هذا الجدول ما يلي:

1. تبلغ درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر في جو الولايات المتحدة نحو15 درجة مئوية، ولكنها تأخذ في الانخفاض حتى تصل إلى ناقص 11 درجة مئوية على ارتفاع أربعة كيلو مترات، ثم إلى نحو -37 درجة مئوية تحت الصفر على ارتفاع ثمانية كيلو مترات. وأخيراً يزداد انخفاضها التدريجي حتى تصبح 56.6^{o} تحت الصفر على ارتفاع 16 كيلو متراً.
2. كما يبدو من هذا الجدول أيضاً أن الضغط الجوي يبلغ عند مستوى سطح البحر نحو 1013ملليباراً، ولكنه يأخذ في الانخفاض التدريجي حتى يصل إلى نحو620 ملليباراً على ارتفاع 4 كيلو مترات. وعلى ارتفاع عشرة كيلو

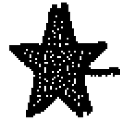


مترات يصبح 260 ملليباراً، وأخيراً ينخفض على ارتفاع 16كيلو متر لنحو 100 ملليبار.

3. أما فيما يتعلق بكثافة الهواء، فقد بلغت عند مستوى سطح البحر في الولايات المتحدة نحو 1200غم لكل متر مكعب، ثم أخذت بالانخفاض التدريجي مع الارتفاع، فأصبحت عند ارتفاع خمسة كيلو مترات نحو 74غم لكل متر مكعب؛ وأخيراً تصبح 17غم لكل متر مكعب على ارتفاع 16 كيلو متراً، وعلى ارتفاع 25 كيلو متراً تصل لنحو 39 مليغراماً في الألف لكل متر مكعب.

الفصل الثاني

الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة



الفصل الثاني
الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة

الشمس هي المصدر الرئيس لحرارة الغلاف الجوي.

أنواع الإشعاع الشمسي.

الميزانية الحرارية للأرض.

العوامل التي تؤثر في قوة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض.

توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض.

التغير اليومي والفصلي للحرارة.



الفصل الثاني
الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة

الشمس هي المصدر الرئيس لحرارة الغلاف الجوي

تعتبر الشمس المصدر الرئيس لحرارة الأرض. هذا الجسم الملتهب الهائل والذي تبلغ حرارة سطحه (7.000)م، تخرج منه أشعة قوية تصل إلى الأرض بعد اختراقها الغلاف الجوي لمسافة (93) مليون ميل (150) مليون كم تقريباً. ولا تستفيد الأرض بعد اختراقها من هذه الأشعة الهائلة سوى 2000.000.000/1 من قوة الأشعة الخارجة من الشمس.

ويعد هذا الجزء البسيط من أشعة الشمس المسؤول عن تسخين الأرض وإمدادها بالضوء. ويطلق على الأشعة الشمسية الصادرة من الشمس والمتجهة نحو الأرض اسم الإشعاع الشمسي Solar Radiation. وعندما تصل هذه الأشعة إلى سطح الأرض، ترتد مرة ثانية إلى الطبقات السفلى من الغلاف الجوي. وتسمى في هذه الحالة بالإشعاع الأرضي Terrestrial Radiation. وتعمل هذه الأخيرة على تسخين هواء الغلاف الجوي بمساعدة ما يتمثل فيه من الغازات الثقيلة مثل ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والغبار من أسفل إلى أعلى[1].

ويبلغ قطر الشمس نحو860 ألف ميل. كما تقدر كتلتها بنحو 332 ألف

(1) Blair, T. A.; Weather Elements, Prentice – Hall, N. J. 1959, P. 82..

مثلاً لكتلة الأرض، وتتدرج حرارتها من 7000م عند سطحها إلى نحو 28 مليون درجة مئوية من مركزها[1].

وتتألف من عنصرين أساسيين هما: الهيدروجين والذي يشكل نحو (81.76%) والهليوم والذي يشكل (18.18%) من كتلة الشمس، أما بقية الغازات الأخرى فلا تمثل أكثر من (0.07%) من كتلها. ويرجع العلماء بأن قوة الإشعاع الشمسي تنجم عن التفاعلات النووية في باطن الشمس، بفعل اشتقاق ذرات الهيليوم من ذرات الهيدروجين[2].

وتظهر الطاقة الشمسية على هيئة إلكترون موجب يعرف باسم (بوزترون). ويتكون أثناء التفاعلات النووية التي تجري داخل جسم الشمس. ولولا هذه العمليات الأخيرة وتكوين الطاقة المستمدة من تحويل الهيدروجين إلى هيليوم. لكانت الشمس عبارة عن نجم خامد منذ عدة آلاف من ملايين السنين[3].

ويمكن تقدير درجة حرارة الشمس بحساب الطاقة الإشعاعية التي تصل إلى وحدة المساحات من سطح الأرض، خلال الدقيقة الواحدة حيث يطلق عليها بالثابت الشمسي والبالغ (1.937) سعر لكل سم مربع في الدقيقة[4].

أنواع الإشعاع الشمسي

1. الأشعة الحرارية: Thermal Rays.

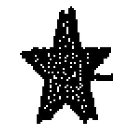
---

(1) Henderson – Sellers, Al; Contemporary, Climatology, Longman, Group UK. Ltd.; 1986, PP. 11-21 252-95.

(2) Kendrew, W. G. Climatology, Oxford University Press, 1959, P. 12..

(3) Ibid.

(4)د. محمود عبد الوهاب والدكتور فراج الوهيدي: مبادئ البصيرات الطبيعية والصوتيات والحرارة، كلية العلوم، جامعة الإسكندرية، مذكرة جامعية، 1979، ص60.



2. الأشعة الضوئية: Sun Light Rays.

3. الأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية: Violet and Ultra Violet Rays.



شكل رقم (5): يوضح طيف الإشعاع الشمسي واختلاف طول الأشعة الشمسية وزوايا سقوطها على سطح الأرض

1. الأشعة الحرارية:

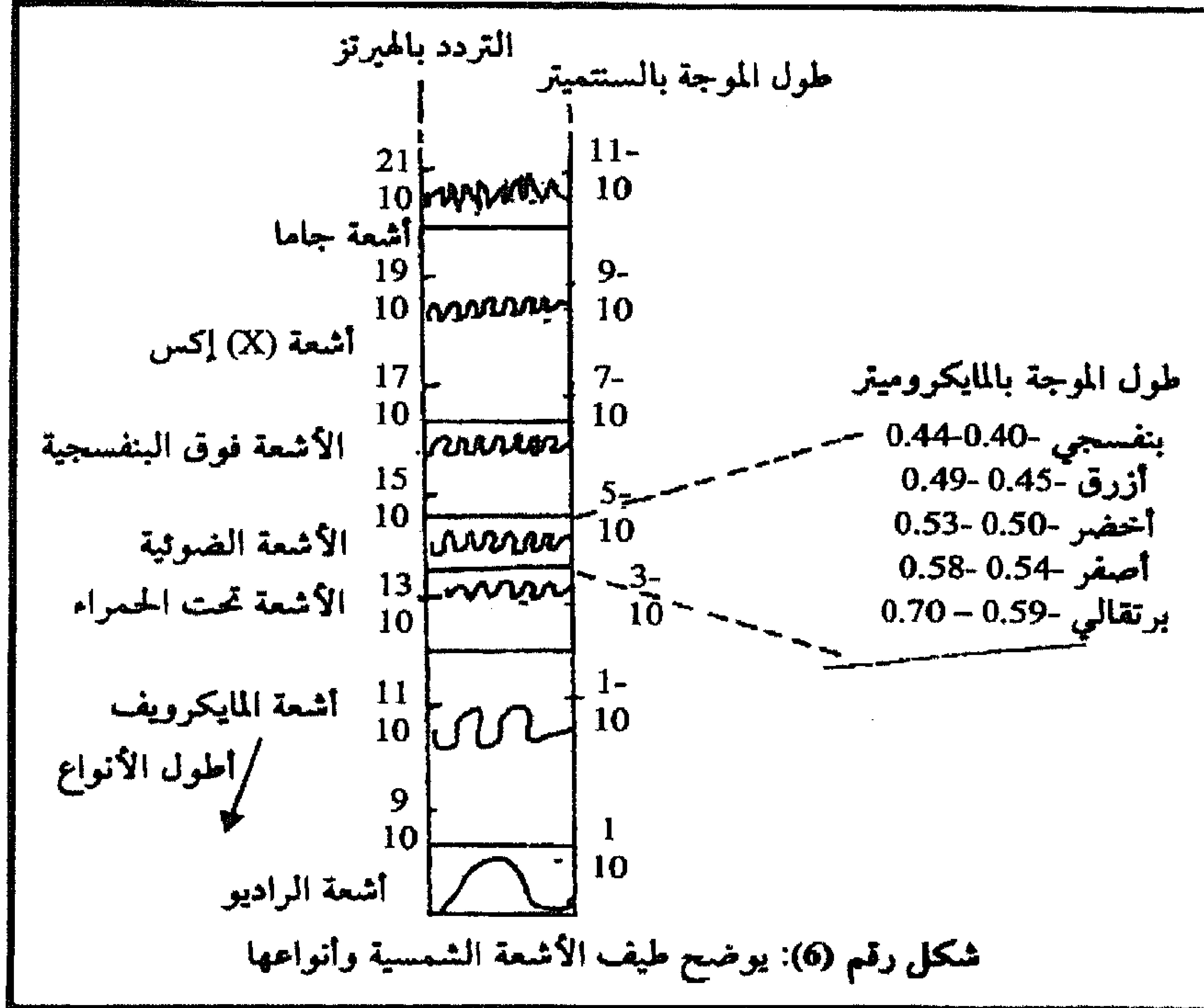
وتعرف باسم الأشعة تحت الحمراء Infra Red Rays. وهي أشعة غير مرئية للطيف الكهرومغناطيسي. وتنتمي لمجموعة الأشعة ذات الموجات الطويلة Longer Waves، حيث يتراوح طول موجاتها من (0.75-4.0) ميكرون (والميكرون وحدة قياس لموجات الضوء وتساوي $\frac{1}{1000}$ من المليمتر). وتقدر نسبتها بنحو (46%) من جملة الإشعاع الشمسي.

2. الأشعة الضوئية:

وهي أشعة مرئية. وتقدر نسبتها بنحو (45%) من جملة الإشعاع الشمسي. ويتراوح طول موجاتها ما بين (0.17٪ إلى 0.74٪) ميكرون.

3. الأشعة البنفسجية وفوق البنفسجية:

وتعرف أحياناً باسم الأشعة الحيوية. ولا تزيد نسبتها عن (9%) من جملة الإشعاع الشمسي. ويتراوح طول موجاتها من (0.17% إلى 0.41%) ميكرون.



شكل رقم (6): يوضح طيف الأشعة الشمسية وأنواعها

الميزانية الحرارية للأرض Eartsh's Heat Budget:

حينما يخترق الإشعاع الشمسي الغلاف الغازي متجهاً صوب سطح الأرض. يرتد مرة أخرى إلى الغلاف الجوي على شكل إشعاع أرضي. وعن طريق هذه الأشعة الأخيرة وتيارات الحمل الحرارية الصاعدة Convection وعمليات التوصيل الحراري Conduction، بمساعدة ما يتمثل في الغلاف الجوي من مواد تساعد على امتصاص الحرارة وتوصيلها وانتشارها تتوزع الحرارة في الهواء، وتنتقل أفقياً ورأسياً من مكان لآخر في كل نطاق الغلاف الجوي، وذلك

مع حركات انتقال الهواء والرياح. هذا إلى جانب أثر عمليات التبخر والتكاثف Condensation في اختلاف درجة حرارة الهواء من مكان لآخر(1).

ويعمل الإشعاع الشمسي Radiation الساقط على سطح الأرض، على انتقال الطاقة الحرارية بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية من الشمس إلى سطح الأرض. ولكن لا يصل كل الإشعاع الشمسي المنبعث من الشمس إلى الأرض بنفس قوته الأصلية، بل يتضح أن (32%) من الإشعاع الشمسي تنعكس بواسطة السحب والغبار والغازات. وتنتشر إلى أعلى في الفضاء الخارجي عن طريق الجزيئات الدقيقة المعلقة في الهواء، ونحو (2%) من هذه الأشعة الشمسية ترتد مرة أخرى إلى الفضاء عند سقوطها على سطح الأرض. وهكذا تصل جملة هذه الأشعة المنعكسة Reflected إلى الفضاء الخارجي عن طريق السحب وسطح الأرض معاً لنحو (34%) من جملة الأشعة الشمسية.

ويطلق العلماء على مجمل هذه الأشعة الأخيرة تعبير الألبيدو أي نورانية الأرض Earth Albedo. ويقصد بنورانية الأرض نسبة الأشعة الضوئية الكلية الساقطة عليه. فيقال مثلاً أن القمر يعكس (7%) تقريباً من ضوء الشمس الساقط عليه، ومن ثم فإن نورانية القمر تبلغ نحو (7%)، في حين أن نورانية الأرض تبلغ نحو (34%)(2). وعليه، يكون مجمل الأشعة الشمسية التي يكتسبها سطح الأرض والهواء الملامس له نحو (66%) من مجمل الإشعاع الشمسي.

وبما أن الأرض تمتص الإشعاع الشمسي وتحوله إلى حرارة، فإن سطح الأرض يعد في ذاته كذلك جسماً مشعاً Radiating Body(3). وعلى الرغم من أن مكونات الغلاف الجوي لا تمتص سوى نسبة محدودة جداً من الموجات

---

(1) Rumney, G. R.; Op Cit, 1964. PP. 15-33.
(2) Lock Wood, J. G.; World Climatology, Edward Arnold, 1974, P. 8.
(3) Flair, T. A.; Weather Elements, Prentice – Hall, N. J.; 1959, P. 84.



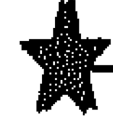
الإشعاعية القصيرة للإشعاع الشمسي المار خلالها، إلا أن للغلاف الجوي القدرة على الاحتفاظ بنسبة كبيرة جداً من الإشعاع الأرضي (موجات طويلة) المرتدة من سطح الأرض. ويقوم بهذه المهمة الأخيرة كل من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون. ويطلق بعض العلماء على عملية تغلغل الإشعاع عبر الغلاف الجوي ثم انحباسه- بعد أن ينعكس عند سطح الأرض، على شكل إشعاع أرضي تعبير تأثير البيوت الزجاجية للنباتات Green House Effect، حيث يمكن أن نشبه هذه العملية بما يحدث لمثل بيوت النباتات التي يمكن لها أن تحتفظ بالحرارة داخلها. بعد سقوط الإشعاع الشمسي فوق جدرانها الزجاجية. فهي تسمح بدخول الإشعاع الشمسي ولا تسمح بخروج الحرارة من داخلها.

هذا وبالإضافة لما سبق، فهناك تأثير الحرارة الكامنة Latent Heat والتي تكمن في بخار الماء الذي يتبخر فوق المسطحات المائية الواسعة، وتشمل الكتل الهوائية الحارة الرطبة على كميات كبيرة من الحرارة الكامنة في بخار الماء.

فالحرارة الكامنة للانصهار هي عبارة عن كمية الحرارة اللازمة لتحويل غرام واحد من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة دون أن تتغير درجة حرارته. فمثلاً الحرارة الكامنة لانصهار الجليد هي (80) سعراً لكل غرام واحد عند درجة الصفر المئوي.

أما الحرارة الكامنة لتصعيد البخار، فهي عبارة عن كمية الحرارة التي يكتسبها غرام واحد من السائل لكي تتغير حالته من السيولة إلى الغازية دون أن تتغير درجة حرارته. وتبلغ هذه الحرارة 540 سعراً حرارياً لكل غرام عند درجة حرارة 100° مئوية. عندها سوف ندرك كميات هذه الحرارة الكامنة عند تزايد ملايين الكيلومترات المكعبة من البحار والمحيطات[1].

(1) Budy Ko, M. I.; Climate and Life, New York Academic Press, 1974, PP. 29-61.



نخلص من هذا كله إلى أن هناك عملية مكسب حراري مستمرة من أشعة الشمس، يقابلها في نفس الوقت عملية فقدان مستمرة نتيجة انعكاس الحرارة وارتدادها إلى الفضاء، بسبب نورانية الأرض (الألبيدو الأرضي) وغيره من العوامل. كما يلاحظ أن الحرارة المكتسبة لا تتوزع بشكل متساوٍ على كل أجزاء الأرض، بل إن بعض أقاليمها تكسب أكثر من غيرها، بحيث يكون بها وفر حراري، كما هي الحال في معظم الأقاليم المدارية، بينما يكون المكسب صغيراً في بعضها الآخر بدرجة تؤدي إلى حدوث عجز حراري مستمر، كما هي الحال في الأقاليم القطبية[1].

كما أن فصل الصيف في العروض المعتدلة يكون به دائماً وفر حراري، بينما يكون هناك غالباً عجز في فصل الشتاء. ولكن على الرغم من هذه الاختلافات فإن الميزانية الحرارية للأرض كلها يجب أن يتعادل فيها تقريباً مجموع المكسب من مجموع الخسارة. ويحدث هذا التعادل نتيجة للعوامل الجغرافية والجوية التي تؤدي إلى حدوث تبادل حراري بين الأقاليم بعضها مع بعض مثل الرياح (سواءً منها الرياح التي تحدث عند سطح الأرض أو التي تحدث في طبقات الجو العليا) والتيارات البحرية.

ونتيجةً لهذا التبادل، فإن الميزانية- العامة للأرض كلها تظل ثابتة تقريباً من سنة لأخرى. وبهذه الطريقة وحدها بقيت حرارة جو الأرض ملائمة للحياة. فلو فرض وكان مكسبها الحراري أكثر دائماً من خسارتها، لتزايدت بمرور الزمن

(1) Ibid.

حرارة سطحها وجوها بدرجة قد تؤدي إلى عدم إمكان ظهور الحياة فيها[1]. ولو فرض من ناحية أخرى وحدث انعكاس لتناقصت الحرارة بمرور الزمن، ووصلت البرودة إلى حد لا يسمح كذلك بقيام الحياة فوق سطحها.

العوامل التي تؤثر في قوة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض

1. تركيز أشعة الشمس أو الزاوية التي تصل بها أشعة الشمس إلى الأرض.
2. اختلاف عدد ساعات إشراق الشمس خلال اليوم الواحد من مكان إلى آخر على سطح الأرض- أي طول النهار.
3. الألبيدو الأرضي[2].

1. زاوية سقوط أشعة الشمس

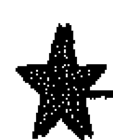
والمقصود بذلك أن الأشعة الساقطة على سطح الأرض بزاوية مائلة، تكون قوتها أقل من الشعاع الساقط بزاوية عمودية على سطح الأرض. لأن الأشعة المائلة تخترق مسافة أطول في الفضاء فتفقد جزءاً أكبر من قوتها، بينما الأشعة العمودية والتي تخترق مسافة أقصر تفقد جزءاً أقل. وبينما ينتشر الشعاع المائل على مساحة أكبر من سطح الأرض ويقل تركيزه نجده في الشعاع العمودي يتركز في مساحة اصغر فتزداد قوته[3].

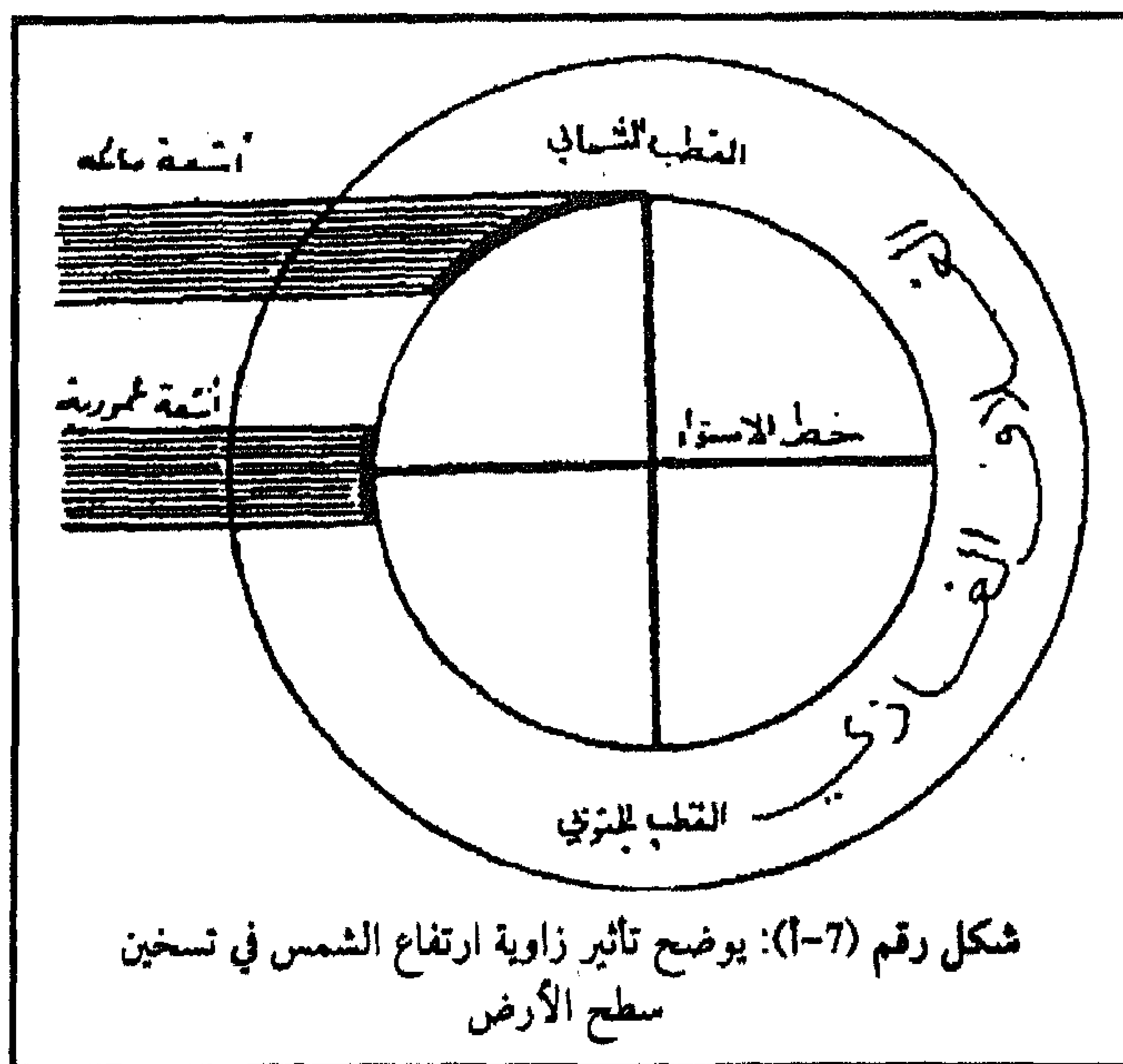
---

(1) نشرت بعض المجلات العلمية المتعلقة بحرارة سطح الأرض في 10 شباط عام 2006م، أن درجة حرارة سطح الأرض في نصف الكرة الشمالي قد ارتفعت في عام 2005 إلى نحو 0.6 درجة مئوية، وهي أكثر مما وصلت إليه قبل قرنٍ من الآن عن المعدل العام.

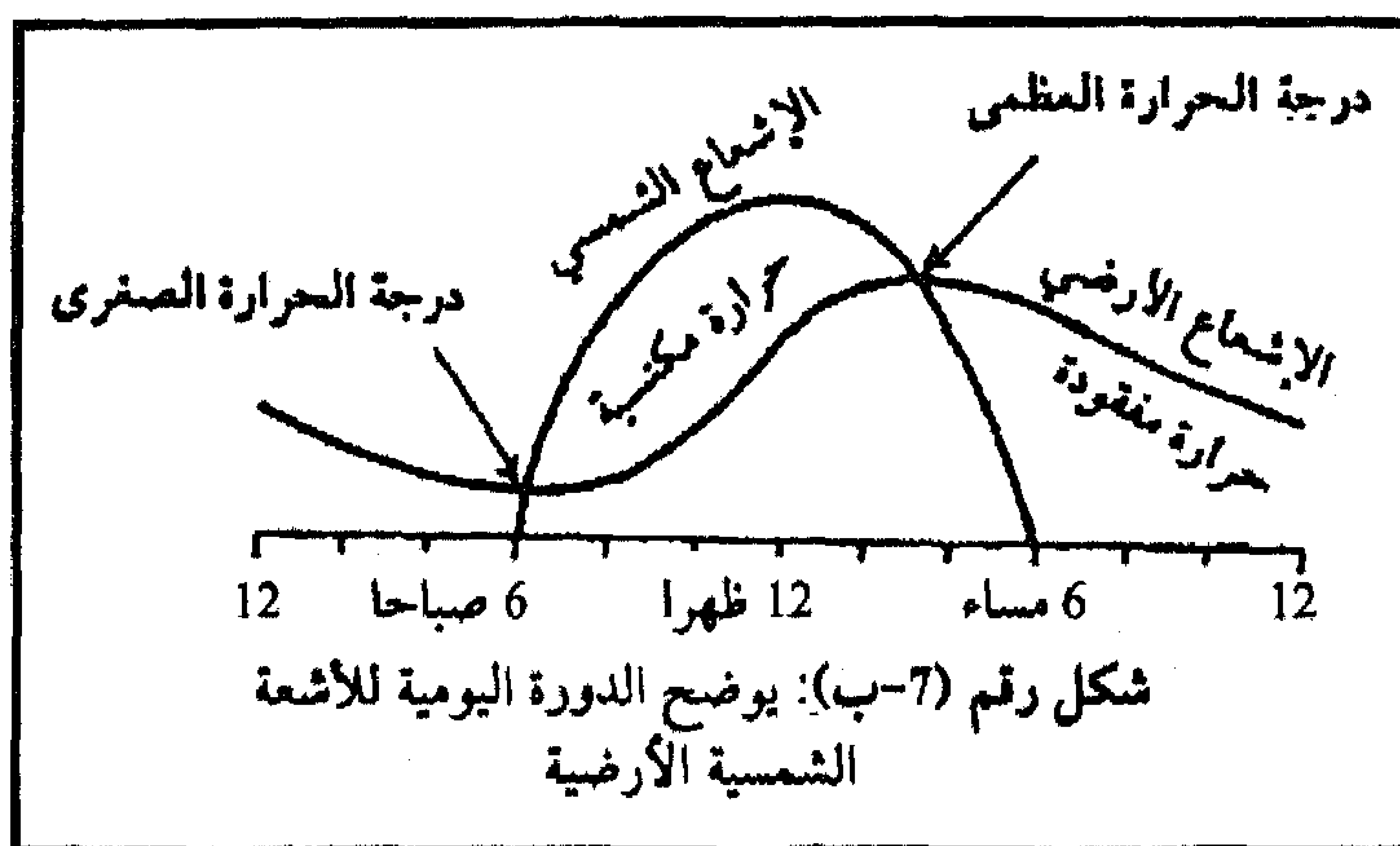
(2) Stringer, E. T.; Foundations of Climatology, London, 1972, PP. 100-120.

(3) Ibid.





شكل رقم (7-أ): يوضح تأثير زاوية ارتفاع الشمس في تسخين سطح الأرض



شكل رقم (7-ب): يوضح الدورة اليومية للأشعة الشمسية الأرضية

2. طول النهار عن الليل

والمقصود بذلك إذا زاد عدد ساعات النهار كانت كمية الحرارة التي تكتسبها الأرض أكثر مما لو كان النهار قصيراً.

وعليه، نجد أن خطوط العرض الواحدة تكتسب كمية واحدة من الحرارة،

وأنه باختلاف خطوط العرض تختلف درجات الحرارة "إذا تساوت الظروف الأخرى التي تؤثر في حرارة الإقليم".

ولما كانت أشعة الشمس عمودية على خط الاستواء أثناء الاعتدالين وهما الربيع والخريف، فإن كمية الأشعة التي تصيب نصف الكرة الشمالي تساوي الكمية التي تصيب النصف الجنوبي خلال هذين الفصلين.

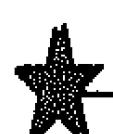
أما في فصل الصيف الشمالي (من 22 حزيران إلى 22 أيلول) فإن أشعة الشمس تكون عمودية على مدار السرطان ومائلة على مدار الجدي، فيكتسب نصف الكرة الشمالي كمية أكبر من أشعة الشمس خلال ذلك الفصل. كما يضاف إلى ذلك طول النهار أثناء فصل الصيف وقصره أثناء فصل الشتاء.

3. الألبيدو الأرضي (نورانية الأرض):

ويقصد به القدرة الكلية للأرض والجو على رد الأشعة الشمسية إلى الفضاء؛ دون أن يكون لها تأثير مباشر على حرارتهما. فالمعروف أن جزءاً كبيراً من الأشعة ينعكس إلى الفضاء بعد سقوطه على سطح السحب، وعلى ذرات الغبار وبخار الماء العالقة بالجو وعلى سطح الأرض نفسه. ويتكون الألبيدو الأرضي من القدرة الكلية لكل هذه الأجسام على عكس الأشعة، إلا أن لكل جسم منها ألبيدو خاص به، وأكبرها هو ألبيدو السحب الذي يبلغ معدله نحو (23%) من مجمل الأشعة الشمسية التي تصل إلى جو الأرض. ويليه ألبيدو المواد العالقة بالجو وهي (الغبار وبخار الماء وبعض الغازات كثاني أكسيد الكربون)، حيث يبلغ نحو (9%) من مجموع الأشعة الشمسية[1].

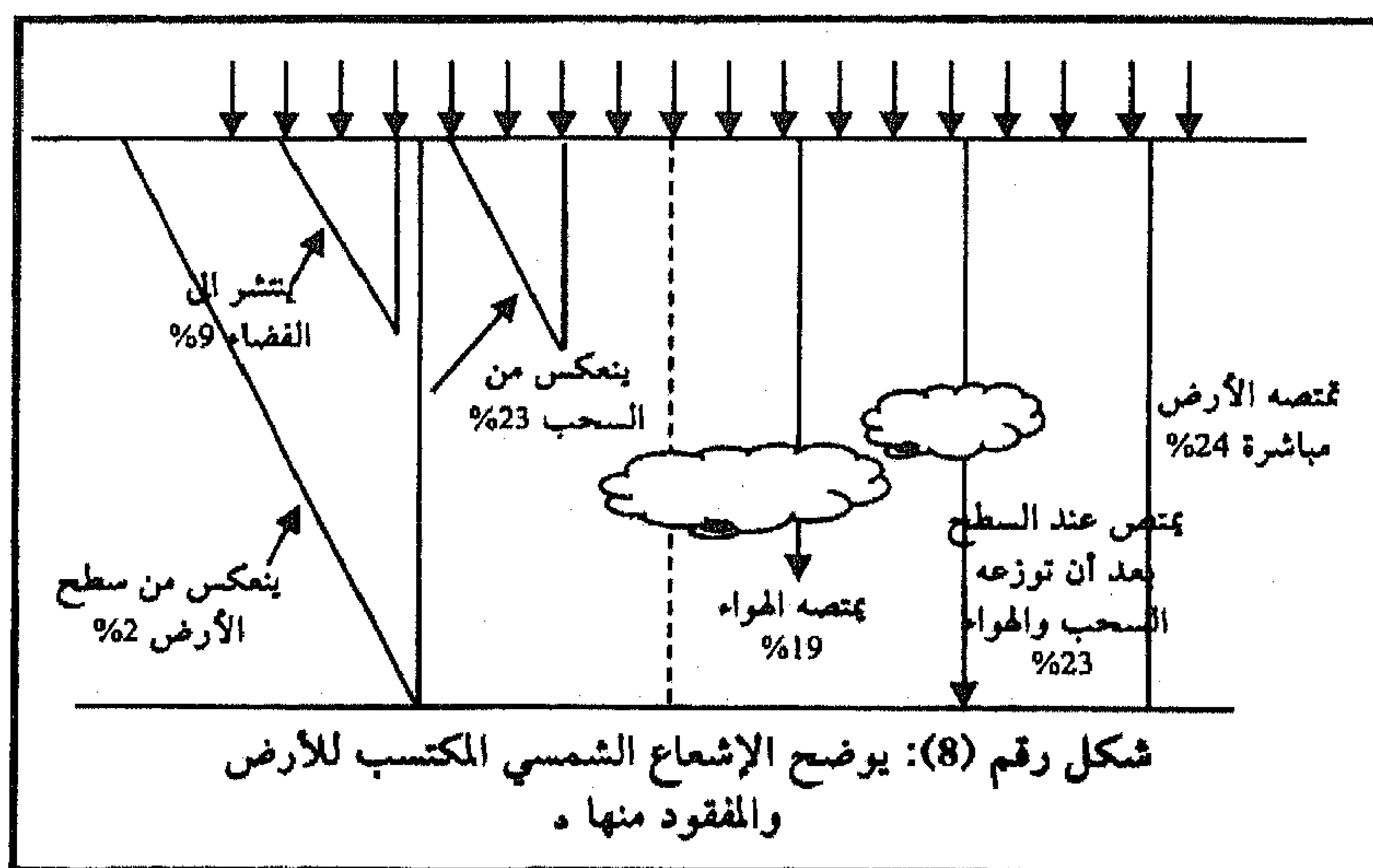
أما ألبيدو سطح الأرض نفسه فهو (2%) فقط، ويتكون الألبيدو الأرضي

(1) Sellers, W. D.; Physical Climatology, The University of Chicago Press, 1965, PP. 11-25.



كله من مجموع هذه النسب. أي أنه يبلغ (34%) من مجمل الأشعة التي تصل إلى جو الأرض. وهذه هي الكمية الإشعاعية التي تخسرها الأرض من الأشعة الواصلة إليها. أما الباقي وهو 66% فهو صافي ما تكسبه الأرض فعلاً من هذه الأشعة. ويقدر أن نحو ربع هذا المكسب يمتص في الهواء بواسطة الغبار وبخار الماء، وبعض الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون[1]. أما الباقي فيمتصّه سطح الأرض إما مباشرةً أو بعد انعكاسه من السحب ومن المواد العالقة بالجو. وقد يختلف تأثير الهواء من مكان لآخر على حسب كمية السحب والمواد العالقة بالجو. فكلما كان الجو صافياً وشفافاً كلما ساعد على تزايد الألبيدو، وساعد بالتالي على زيادة ما تخسره الأرض بسببه.

نخلص من هذا العرض إلى أن أشعة الشمس المخترقة للهواء في طريقها إلى سطح الأرض، تتأثر بالغلاف الهوائي الذي تمر فيه وهو تقليل قوة هذه الأشعة سواءً بالتبدد Scattering أو الانعكاس إلى طبقات الجو العليا Reflection أو بالامتصاص Absorption.



شكل رقم (8): يوضح الإشعاع الشمسي المكتسب للأرض والمفقود منها .

(1) Ibid.

توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض:

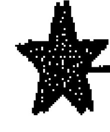
يتأثر التوزيع الجغرافي الشمسي بدرجة كبيرة تبعاً لموقع المكان بالنسبة لدوائر العرض. وعليه، يعظم الإشعاع الشمسي عند الدائرة الاستوائية ويقل بالتدريج باتجاه القطبين. وتستقبل منطقة الدائرة الاستوائية سنوياً من الإشعاع الشمسي بما يقدر بأربعة أمثال مقداره عند أي من القطبين الشمالي أو الجنوبي. وتبعاً لحركة الشمس الظاهرية فيما بين المدارين، فإن أعظم فترات الإشعاع تتمثل إبان فترات تعامد الشمس على مدار السرطان في نصف الكرة الشمالي، وتعامدها على مدار الجدي في نصفها الجنوبي. وعليه فإن كمية الإشعاع الشمسي في المنطقة المدارية كبيرة جداً، إلا أنها تختلف من فصل لآخر. وخلال حركة الشمس الظاهرية بين المدارين تتجمع أعظم كمية من الإشعاع الشمسي Maximum Radiation فوق هذه المواقع من سطح الأرض، وتقل تدريجياً باتجاه القطبين.

ويمكن تمييز ثلاثة نطاقات حرارية عامة على سطح الأرض، وهي:

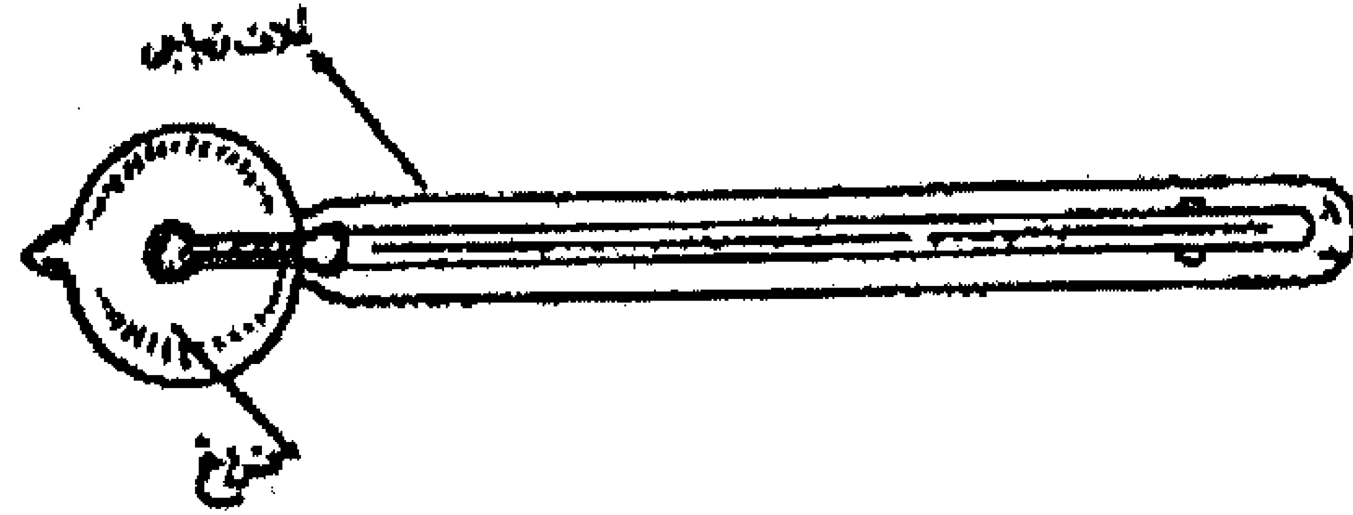
1. منطقة العروض السفلى الحرارية.
2. منطقة العروض المتوسطة الحرارية.
3. منطقة العروض العليا الحرارية والقطبية.

ففي العروض السفلى أو المدارية والمحصورة بين المدارين 23.5 درجة شمالاً وجنوباً، نجد الحرارة مرتفعة طيلة العام واختلافها اختلافاً طفيفاً من موسم لآخر. أما العروض المتوسطة ففيها فصل حرارة عظمى واحد ترتفع فيه ارتفاعاً شديداً(1).

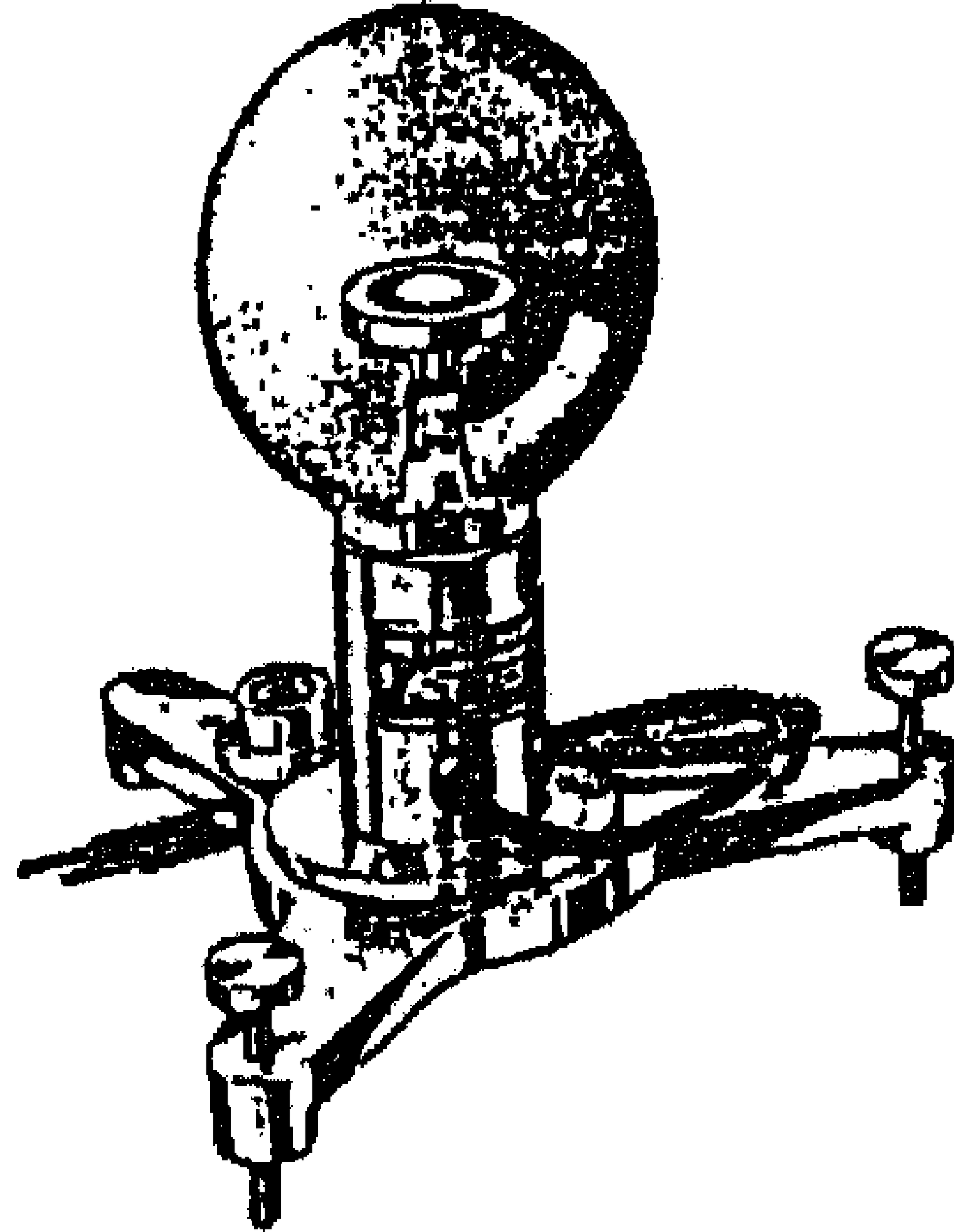
(1) Liou, K. N.; on the Absorption, Reflection, and transmission of Solar Radiation in cloudy Atmosphere, Journal of Atmosphere, Science, 33, 1967, PP. 790-816.



وأما العروض المتوسطة ففيها تصل حرارة عظمى واحد ترتفع فيه ارتفاعاً شديداً وأما في العروض العليا، فنجد أن فصل الحرارة العظمى قصير وحرارته ليست شديدة الارتفاع. أما في الفصل الآخر فلا تصلها أشعة تذكر. وتنخفض درجات الحرارة انخفاضاً كبيراً في تلك العروض. وتقاس الأشعة الشمسية بعدة أجهزة من أهمها ميزان النهاية العظمى للاشعاع الشمسي وجهاز البريهليوميتر الآلي، حيث يوجد به لوحتان إحداهما بيضاء والثانية سوداء. وعندما تسقط الأشعة عليهما تنعكس من على سطح اللوحة البيضاء بينما تمتصها اللوحة السوداء. وتسجل تأثير الأشعة عليها آلياً. ويدل الفرق بينهما على مقدار الأشعة التي يمكن أن تمتصها الأجسام المعتمة، كما في الشكل (9) التالي:



شكل رقم (9-أ): يوضح ثيرموميتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي



شكل رقم (9-ب): البرهيلوميتر لقياس الإشعاع الشمسي



مصادر تسخين الهواء

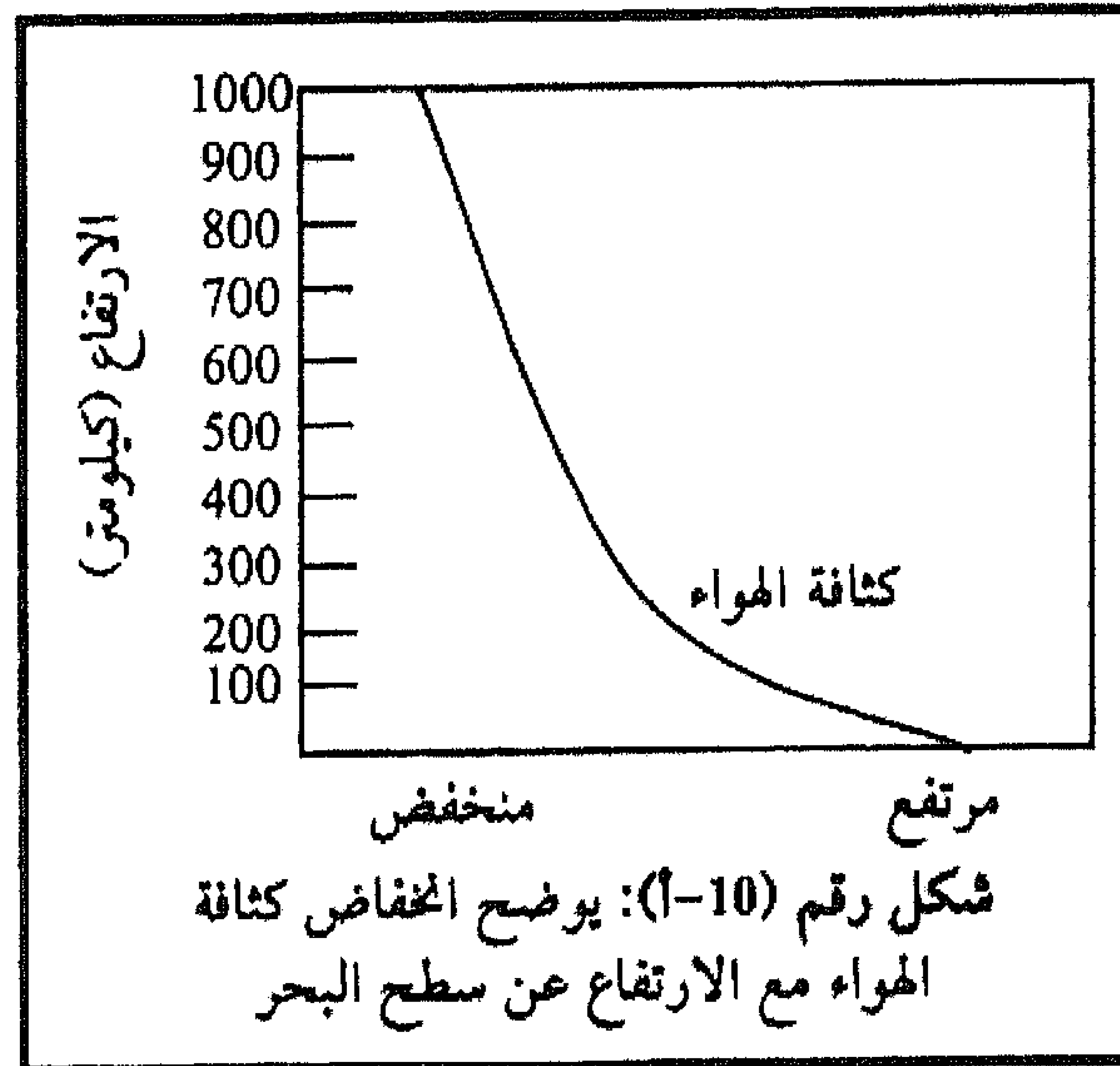
1. الامتصاص المباشر لأشعة الشمس المخترقة للهواء في طريقها من الشمس إلى الأرض، وذلك في صورة موجات قصيرة كما سبق آنفاً.
2. عن طريق الإشعاع الأرضي، إذ أن الغلاف الجوي يستمد حرارته من الأرض وليس من الشمس مباشرةً. حيث تقوم الأرض باكتساب جزء كبير من الإشعاع الشمسي المرسل إليها، ثم تعكسه لتسخن به الهواء. ويختلف الإشعاع الأرضي تبعاً لنوع الغطاء الذي يغطي سطح الأرض. فالجليد أكثر قدرة على عكس الأشعة من الصخور والغطاء النباتي. كذلك يتم الإشعاع الأرضي بسرعة أكبر إذا كانت السماء صافيةً خاليةً من السحب والغبار. لذلك كانت ليالي الشتاء الطويلة الخالية من السحب قارسة البرودة.

كيف يتم تسخين طبقات الهواء؟

يتم تسخين الهواء بطرق ثلاث هي:

أ. بطريقة التلامس أو التوصيل Conduction: إذ أنه إذا تلامس جسمان أحدهما أكثر حرارة من الآخر، فإن الحرارة تنتقل من الجسم الأكثر حرارة إلى الجسم الأقل حرارة.



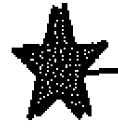


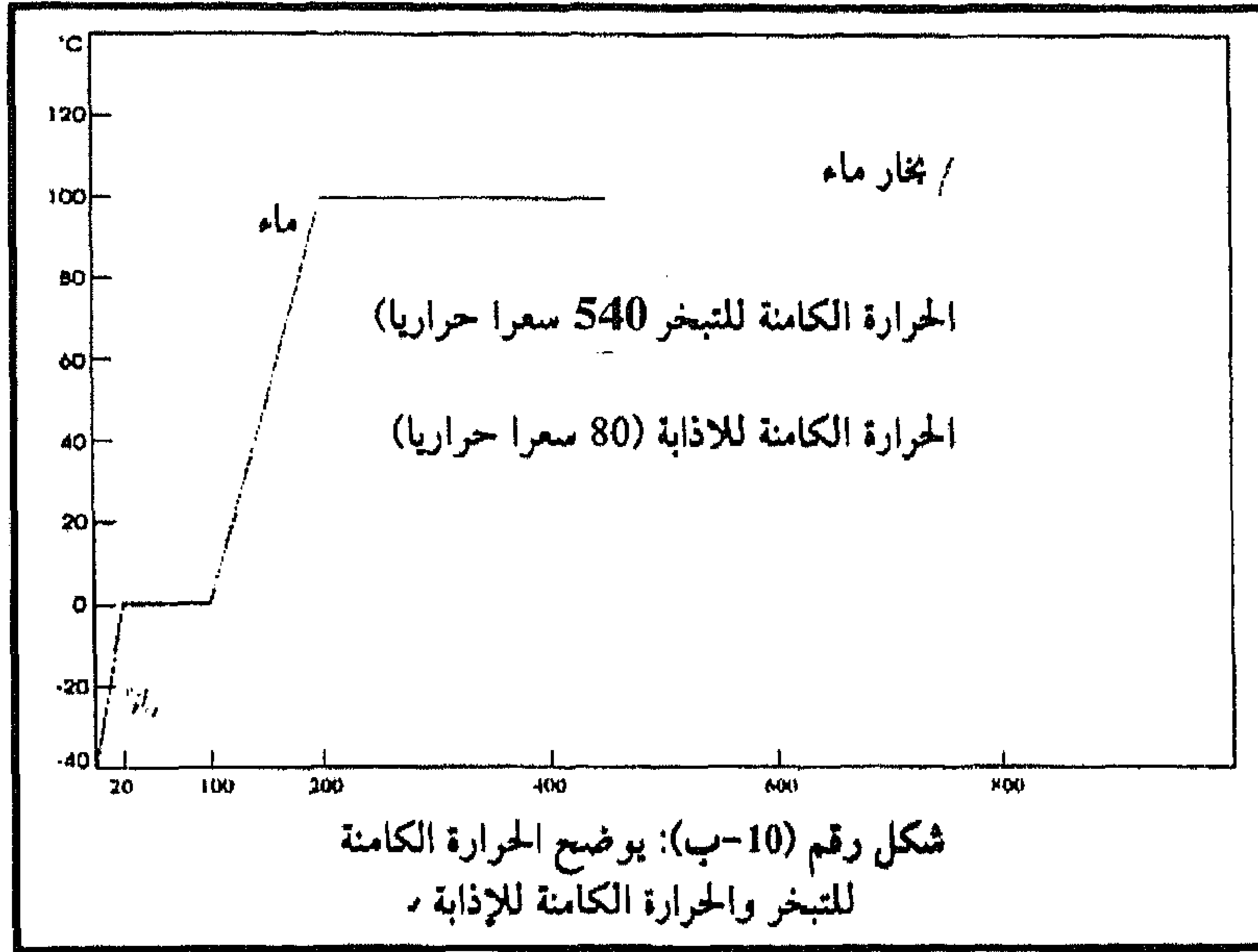
شكل رقم (10-أ): يوضح انخفاض كثافة الهواء مع الارتفاع عن سطح البحر

ب. بطريقة التصاعد Convection: مثل التيارات الهوائية الصاعدة، وبذلك يتصاعد هواء ساخن من طبقات هوائية إلى أخرى. وهو يختلف عن التلامس في أنه في حالة التصاعد يتحرك الهواء نفسه من مكان لآخر في حركة تصاعدية فيسخن الطبقات التي يصل إليها، بينما في حالة التلامس تنتقل الحرارة من جسم لآخر ولا يشترط حركة الجسم نفسه.

ج. عن طريق الحرارة الكامنة عند التكاثف Latent Heat of Condensation: إذ أن بخار الماء عند تبخره يحتاج إلى حرارة، وعندما يتم تحول الماء إلى بخار تكمن تلك الحرارة في ذرات البخار. فإذا ما تم التكاثف فإنه يتم الإفراج أيضاً عن تلك الحرارة الكامنة التي تستخدم في تسخين طبقات الهواء التي تمت فيها عملية التكاثف. ويقاس الإشعاع الشمسي بأنواع عدة من الأجهزة أهمها مسجل كامبل ستوكس وجهاز الأكتينومير المسجل[1].

(1) Athenes, R. A. etal.; Op. cit, 1981, PP. 120-145.





شكل رقم (10-ب): يوضح الحرارة الكامنة للتبخر والحرارة الكامنة للإذابة.

أ. درجة الحرارة

يُعتبر عنصر الحرارة من أهم عناصر المناخ. وتختلف درجات الحرارة في أنحاء العالم المختلفة اختلافاً كبيراً. وللحرارة آثار واضحة على الإنسان والحيوان والنبات. كما أن للحرارة تأثيراً كبيراً أيضاً على عناصر المناخ الأخرى مثل الضغط الجوي. ومن المعروف أن الحرارة هي تعبير عن قوة الطاقة الموجودة في أي جسم ومع زيادة تلك الطاقة تزداد حرارة الجسم.

أدوات وطرق قياس درجة الحرارة

تقاس درجة حرارة الهواء بواسطة أجهزة أهمها ما يأتي:

1. ميزان الحرارة المئوي: وهو جهاز عادي بسيط يتكون من أنبوبة زجاجية ذات مؤخر كروي في أحد طرفيها، ويوضع بداخل الأنبوبة سائل ويستخدم الزئبق عادةً لهذا الغرض. ويتغير ارتفاع الزئبق في الأنبوبة مع تغير الحرارة. إذ أن الزئبق جسم يتأثر بتغير الحرارة، يتمدد إذا ارتفعت

الحرارة وينكمش إذا انخفضت الحرارة، وقد حدد ارتفاع الزئبق في الأنبوبة وعين مكانه بعلامة عند درجة حرارة تجمد المياه. واعتبرت هذه النقطة على الأنبوبة درجة الصفر المئوي. كما حدد ارتفاع الزئبق في الأنبوبة عند درجة حرارة غليان الماء. واعتبرت تلك النقطة درجة (100) درجة مئوية. ثم قسمت المسافة بين النقطتين إلى مئة قسم، وبذلك يكون كل قسم درجة واحدة في الثيرموميتر المئوي. وهذا الميزان الحراري اخترعه العالم السويدي أندروز سلسيوس Anders Cilsius عام 1742م.

2. ميزان الحرارة الفهرنهيتي: وقد اخترع هذا الميزان الحراري العالم دانيل فهرنيت Daneil Fahrenheit عام 1710م. وهو عالم طبيعة ألماني، وبينما تمثل درجة التجمد في ميزان الحرارة المئوي صفر مئوي، تمثل في هذا الميزان الفهرنيتي (32)، ودرجة الغليان في الميزان المئوي (100) درجة مئوية، يقابلها في هذا الميزان (212) درجة فهرنهاتية.

ويمكن تغيير درجات الحرارة من المئوي إلى الفهرنهيتي بسهولة. إذ أن الدرجة الفهرنهيتية تساوي $\frac{5}{9}$الدرجة المئوية.

فمثلاً الدرجة المئوية= $\frac{9}{5}$الدرجة الفهرنيتية + 32.

لنفرض 130 ° ف − 32 ° ف × $\frac{5}{9}$ = $\frac{490}{9}$ = ° 54.5م.

أما الدرجة الفهرنهيتية = 32 + $\frac{5}{9}$ الدرجة المئوية.

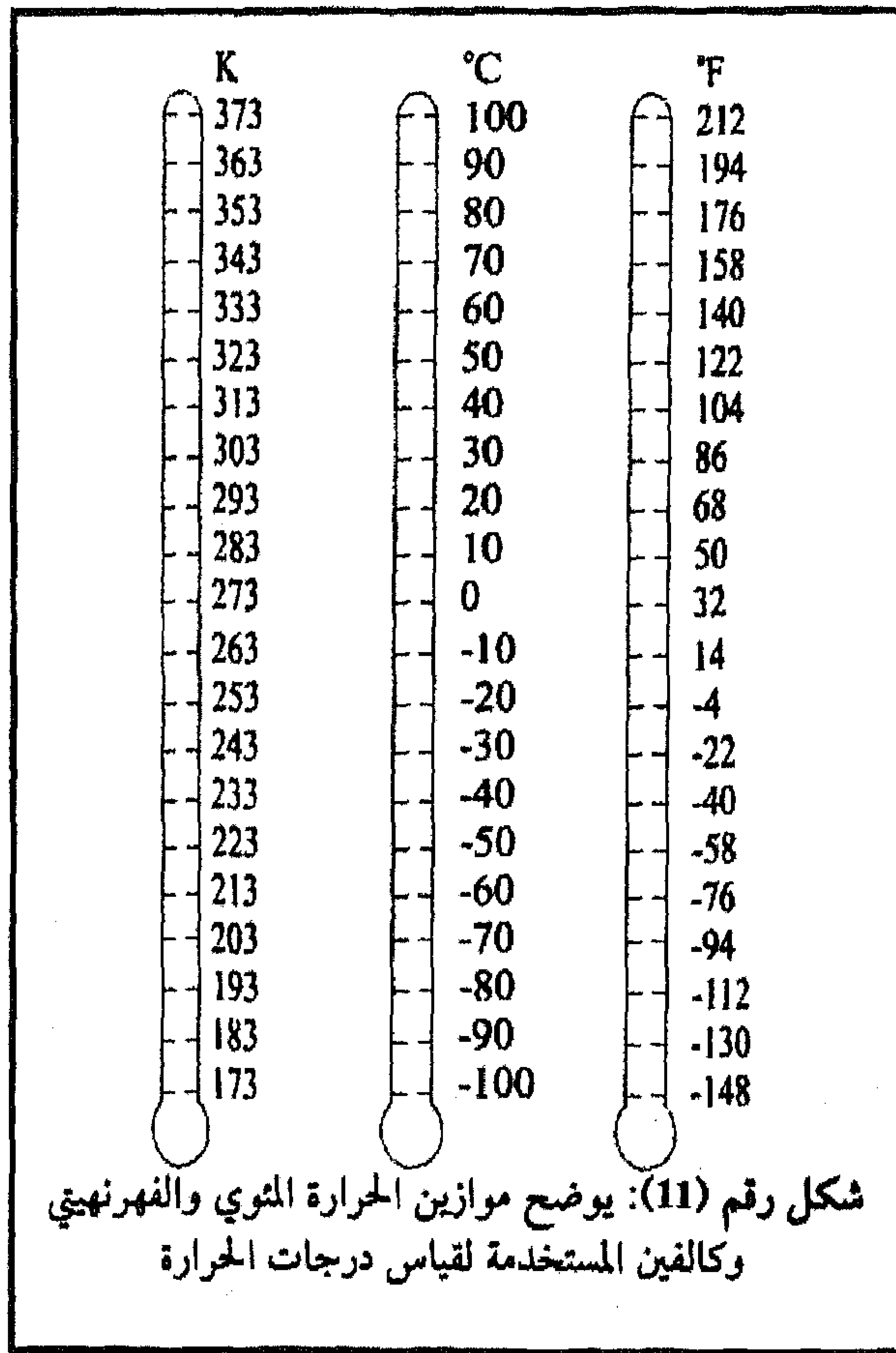
وعليه فإن 20 درجة مئوية= $\frac{9}{5}$ × 20 + 32 = 68 درجة فهرنهيه.

أما المئوي = 68 درجة ف = (68 − 32) × $\frac{5}{9}$ = 20 درجة مئوية.

وقد يستخدم في بعض الموازين الحرارية سائل الكحول بدلاً من الزئبق في الأنبوبة. تجنباً لاحتمال تجمد الزئبق في الأنبوبة. إذ أن الزئبق يتجمد عند درجة حرارة -39.3 درجة مئوية.

ومن الجدير بالذكر أن هناك نظاماً آخر يقيس به العلماء أعظم درجات الحرارة وأدناها، ويعرف باسم نظام كالفن Kelvin، ويعتمد هذا النظام على تحديد الصفر المطلق Absolute Zero. ويقصد بالصفر المطلق نقطة بداية مدرج الحرارة المطلقة وهي -273 درجة مئوية. وهي عبارة عن الدرجة التي تتوقف عندها كل حركة حرارية. ويتلاشى عندها حجم الغاز نظرياً مع ثبات الضغط. ولم يتمكن العلماء من خفض درجة حرارة أي جسم ما إلى ما تحت الصفر المطلق. ويمكن أن تحول درجات الحرارة المئوية إلى درجات حرارة مطلقة وذلك بإضافة 273 درجة إلى قيمتها.





شكل رقم (11): يوضح موازين الحرارة المئوي والفهرنهيتي وكالفين المستخدمة لقياس درجات الحرارة

أي أن 20 درجة م= 20 + 273 = 293 درجة مطلقة.

وهناك أجهزة أخرى لقياس الحرارة مثل ميـزان لدرجـة الحـرارة العظمـى والصغرى والثيرموجراف وغيرها.

التغير اليومي والفصلي للحرارة

يعتمد التوزيع الحراري في الشهر أو الفصل أو السنة على معـدل الحـرارة اليومي. ويرتبط هذا المعدل الحراري اليومي بالتوازن بـين كميـة أشـعة الشـمس الواصلة إلى الأرض، وكمية الإشعاع الصادرة منها. فمنذ شروق الشـمس حتـى

الساعة الثانية بعد الظهر، تكون كمية الأشعة القادمة للأرض أكثر من الكمية الصادرة، وبالتالي ترتفع درجة الحرارة تبعاً لذلك. ولكن بعد الساعة الثانية بعد الظهر وحتى شروق الشمس في صباح اليوم التالي، تكون كمية الأشعة القادمة أقل من كمية الأشعة الصادرة. وتبدأ الأرض في فقدان حرارتها بسرعة. وبذلك تنخفض الحرارة وتصل إلى حدها الأدنى قبل شروق الشمس بوقت قصير.

وكذلك التغير الفصلي للحرارة يماثل التغير اليومي لها. إذ ترتفع في الصيف درجات الحرارة، وتنخفض في الشتاء بسبب اختلاف طول الليل والنهار واختلاف الزاوية الواصلة بها أشعة الشمس للأرض من فصل لآخر.

انخفاض الحرارة مع الارتفاع

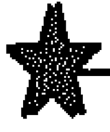
تنخفض درجات الحرارة بالارتفاع من التسجيلات اليومية للعديد من محطات الرصد الجوي. وقد أجريت تلك الأرصاد في مناطق جبلية وبواسطة البالونات وفي الطائرات تحت ظروف عادية، غير أن انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع ليس ثابتاً باستمرار، ولكنه يختلف من وقت لآخر ومن مكان لآخر. ويبلغ انخفاض الحرارة في المتوسط نحو 1 درجة مئوية لكل (150)م. وتسمى هذه القيمة Laps rate.

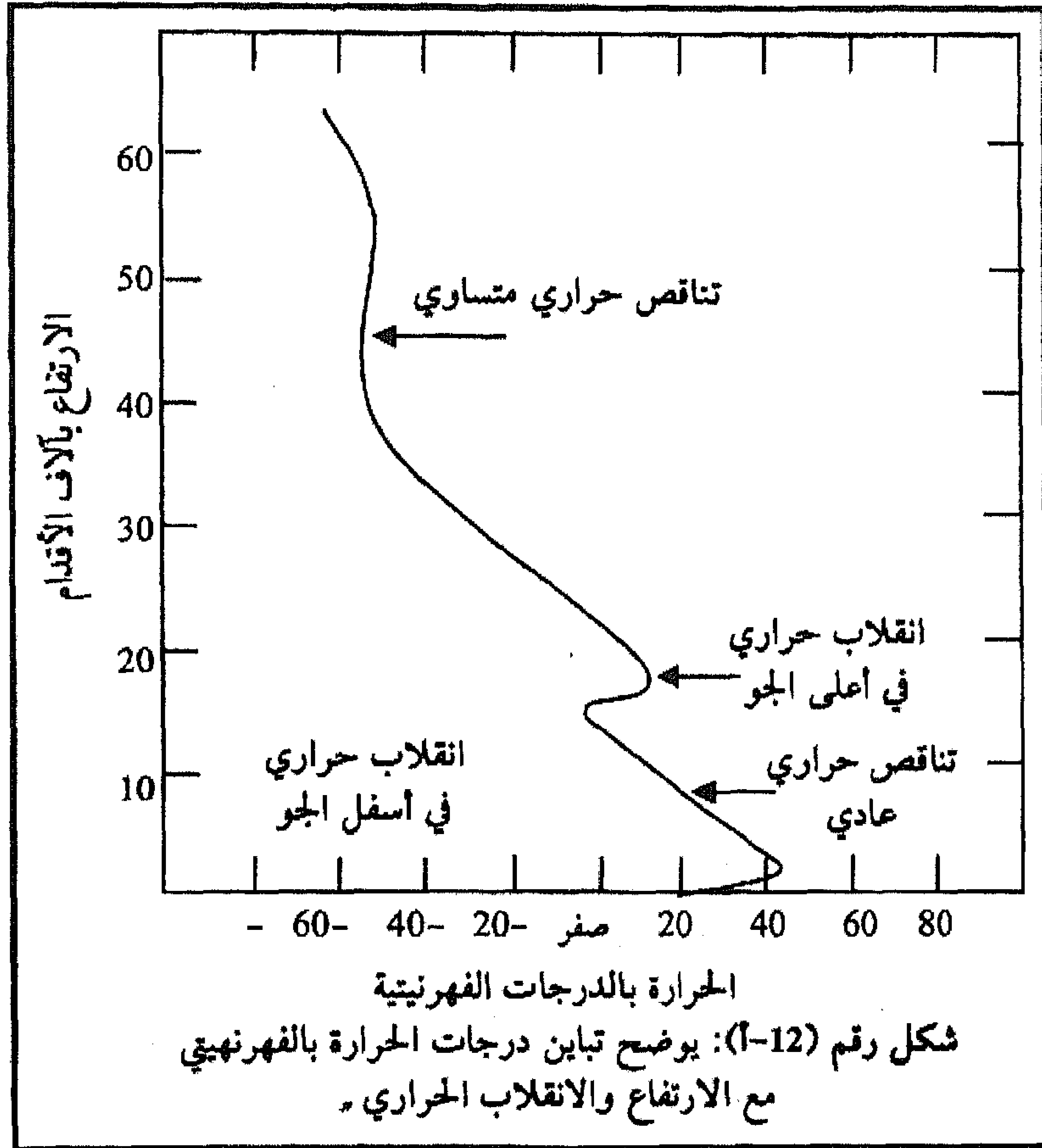
ويشير هذا الانخفاض إلى أن درجة الحرارة مع الارتفاع على أن سطح الأرض هو مصدر الحرارة التي تسخن الهواء، وأن أشعة الشمس ولو أنها تسخن طبقات الهواء العليا بطريق مباشر، أثناء مرورها خلالها وفي طريقها لسطح الأرض. إلا أن مقدرة الهواء في الطبقات العليا على امتصاص أشعة الشمس جد ضعيفة. وبالعكس، نجد أن الطبقات السفلى من الهواء بسبب كثرة الغبار، وزيادة نسبة بخار الماء فيها تستطيع امتصاص كمية أكبر من أشعة الشمس.

ارتفاع الحرارة مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض Temperature Inversion

وهذا يشير إلى عدم انخفاض درجات الحرارة بالارتفاع. وقد تحدث هذه الحالة بالقرب من سطح الأرض أو تحدث في طبقات الجو العليا. ومن أنواع الانقلاب الرأسي في توزيع الحرارة ما يحدث بالقرب من سطح الأرض أثناء الليل. إذ المعروف أن الأرض جسم جيد الإشعاع ويفقد الحرارة بسرعة. وعندما يحدث هذا أثناء الليل يصبح سطح الأرض بارداً. ويقوم بدوره بتبريد طبقات الهواء الملاصقة لسطح الأرض. وتنتشر هذه الظاهرة خاصة في فصل الشتاء. ويساعد على حدوثها طول الليل وصفاء السماء وهدوء حركة الهواء. كما يساعد ذلك على استمرار عملية فقدان الحرارة في جزء معين من الهواء. وقد لوحظ هذا في برج إيفيل بمدينة باريس أن هناك تزايداً في درجة الحرارة مع الارتفاع على مدار السنة، وذلك فيما بين منتصف الليل والساعة الرابعة صباحاً. كما يلاحظ حدوث هذه الظاهرة في المناطق المغطاة بالجليد، إذ المعروف أن الجليد موصل رديء للحرارة، كما أن سطحه عاكس ممتاز للحرارة بدرجة كبيرة، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة السطوح الجليدية في شمال أوراسيا (أوروبا وآسيا) وأمريكا الشمالية. وهذا ما من شك عامل مساعد للعوامل الأخرى على خفض درجات الحرارة في تلك العروض[1].

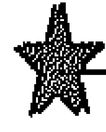
(1) Mather, J. R.; Climatology, Fundamentals and Applications, New York, Me Graw – Hill Book Company, 1974, PP. 25-61.

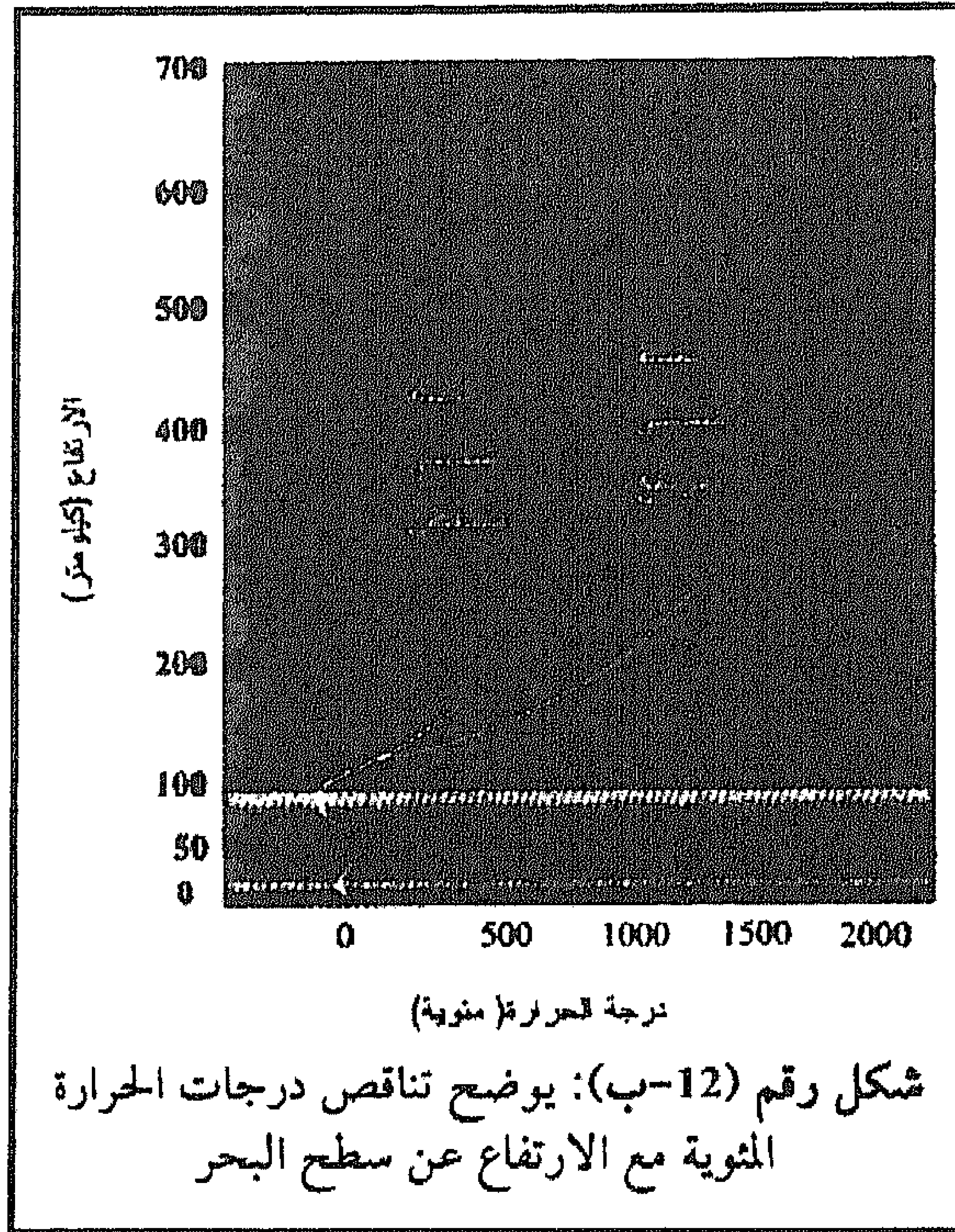




شكل رقم (12-أ): يوضح تباين درجات الحرارة بالفهرنهيتي مع الارتفاع والانقلاب الحراري.

أما في المناطق ذات السطح المتباين، حيث توجد مرتفعات فيما بينهما أودية أو أحواض منخفضة، فيلاحظ أنه حينما يبرد الهواء الموجود فوق المرتفعات، فإن كثافته تزداد، فيضطر إلى الانزلاق إلى أسفل والتراكم في الأجزاء المنخفضة. وتسمى هذه الظاهرة Air Drainage (تصريف الهواء). ولذلك نجده في تلك الجهات يؤدي لحدوث الصقيع في فصل الخريف. كما يحدث الصقيع في آخر وقت لحدوثه في فصل الربيع أيضاً خاصة في الأجزاء المنخفضة مثل الأودية.





شكل رقم (12-ب): يوضح تناقص درجات الحرارة المئوية مع الارتفاع عن سطح البحر

وعليه، نجد نتيجة لهذه الظاهرة أن مزارعي الحمضيات في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة، يختارون الأجزاء المرتفعة لزراعة هذه الأشجار مبتعدين عن الأجزاء المنخفضة السهلية؛ والتي تزرع عادةً بالخضر أو الحبوب. كما أن فنادق الاستشفاء في سويسرا توجد على سفوح المرتفعات وليس في بطون الأودية، كما تقع مزارع البن في البرازيل على سفوح المرتفعات وتتجنب حوض الأمازون أو الأدوية المنخفضة[1].

(1) Barry, R. G. and A. H. Perry; Synoptic Climatology, Methods and Application, New York Methuen and Co. Ltd. 1973, PP. 11-31, 51-101.



توزيع الحرارة في العالم

خطوط الحرارة المتساوية: Isotherms

وهي الخطوط التي تصل بين المناطق ذات الدرجات الحرارية الواحدة. إذ تعمل هذه الخطوط على خرائط إما كخرائط طقس أو خرائط مناخية. ويتم رسم هذه الخطوط عن طريق تحديد معدلات درجات الحرارة في عدد كبير من الأماكن. وتستخدم هذه الخطوط المتساوية في خرائط الأمطار والضغط الجوي. وعند رسم هذه الخطوط لمنطقة ما، فإنه يلزم تعديل درجات الحرارة قبل استعمالها في الرسم، لتمثيل درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر، فإذا كان المكان المراد رسم خطوط الحرارة المتساوية له واقعاً فوق مستوى سطح البحر، فإن درجة الحرارة تتناقص بالارتفاع بمعدل (0.64^{o}) مئوية لكل مائة متر. أو 1 درجه مئوية لكل 150 متراً. أما إذا كان مستوى المكان واقعاً تحت مستوى سطح البحر، فإن التعديل يتم على أساس أن درجة الحرارة تزداد بمعدل (0.64)م لكل (100) متر. ويقصد من هذا التعديل لدرجات الحرارة التخلص من تأثير التضاريس على خريطة توزيع الحرارة، وعند استعمال درجات الحرارة في الخرائط الإقليمية، فإنها لا تعدل إلى مستوى سطح البحر، بل تستعمل كما هي، مما يؤدي إلى إعطاء توزيعها الجغرافي نوعاً من التعقيد الناجم عن الاختلافات التضاريسية.

وتؤثر على التوزيع الجغرافي لدرجة الحرارة على سطح الأرض عدة عوامل أهمها:

1. درجة عرض المكان.
2. توزيع اليابس والماء.
3. التضاريس.
4. التيارات البحرية.
5. الرياح السائدة.

1. درجة عرض المكان

حيث يقوم هذا العامل بتحديد التوزيع الجغرافي للإشعاع الشمسي. ولهذا فإن المناطق المدارية التي تصلها أشعة الشمس عمودية أو شبه عمودية، ترتفع درجة الحرارة فيها أكثر من المناطق المعتدلة والباردة، التي تصلها أشعة الشمس مائلة، مما يؤدي إلى ضعف موجات الإشعاع الحراري الواصلة لتلك الجهات. وعليه أمكن تقسيم العالم إلى أقاليم حرارية هي المناطق الاستوائية والمدارية والمعتدلة والباردة(1).

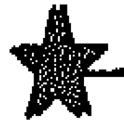
2. توزيع اليابس والماء

تنحرف خطوط الحرارة المتساوية عن اتجاهها العام، الذي يمتد من الغرب إلى الشرق تبعاً لتداخل اليابس والمسطحات المائية، بالإضافة إلى الاختلاف بين اليابس والماء في الخصائص الحرارية. وتبدو خطوط الحرارة المتساوية أكثر استقامة، وأقلُّ تعرجاً في النصف الجنوبي منها مما في النصف الشمالي، نظراً لتجانس السطح الجنوبي أكثر مما هو في النصف الشمالي، حيث تشكل نسبة اليابسة في النصف الشمالي (81٪)، أما النصف الجنوبي فتشكل اليابسة (19٪) فقط؛ وتعتبر البحار والمحيطات مخازن للحرارة الكامنة، بينما اليابس يسخن في النهار بسرعة ويبرد بسرعة ليلاً، وبالتالي فإن درجة حرارة المسطحات المائية في النهار أقل من اليابس وفي الليل تكون أعلى.

وأهم الأسباب التي تؤدي إلى اختلاف الخصائص الحرارية بين اليابس والماء هي:

أ. الحرارة النوعية للماء تبلغ ثلاثة أمثال الحرارة النوعية لليابس. وتعرف

(1) Flohn, H. I; Climate and Weather, New York, Mc Graw – Hill Company, 1969, PP. 42-93.

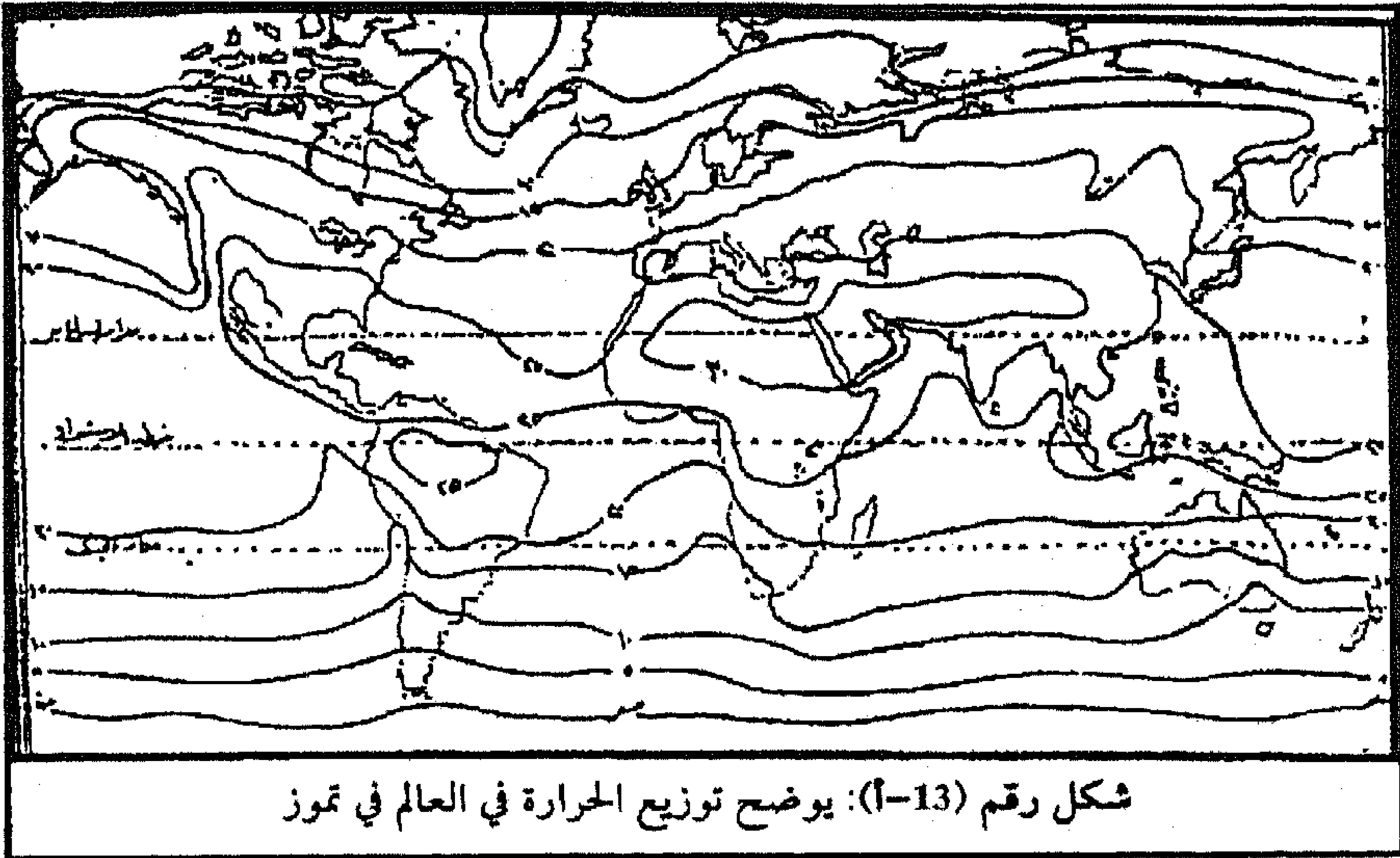


الحرارة النوعية بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة. وعليه، فكل غرام واحد من الماء يحتاج لرفع درجة حرارته ثلاثة أضعاف الحرارة التي يحتاجها غرام واحد من اليابس.

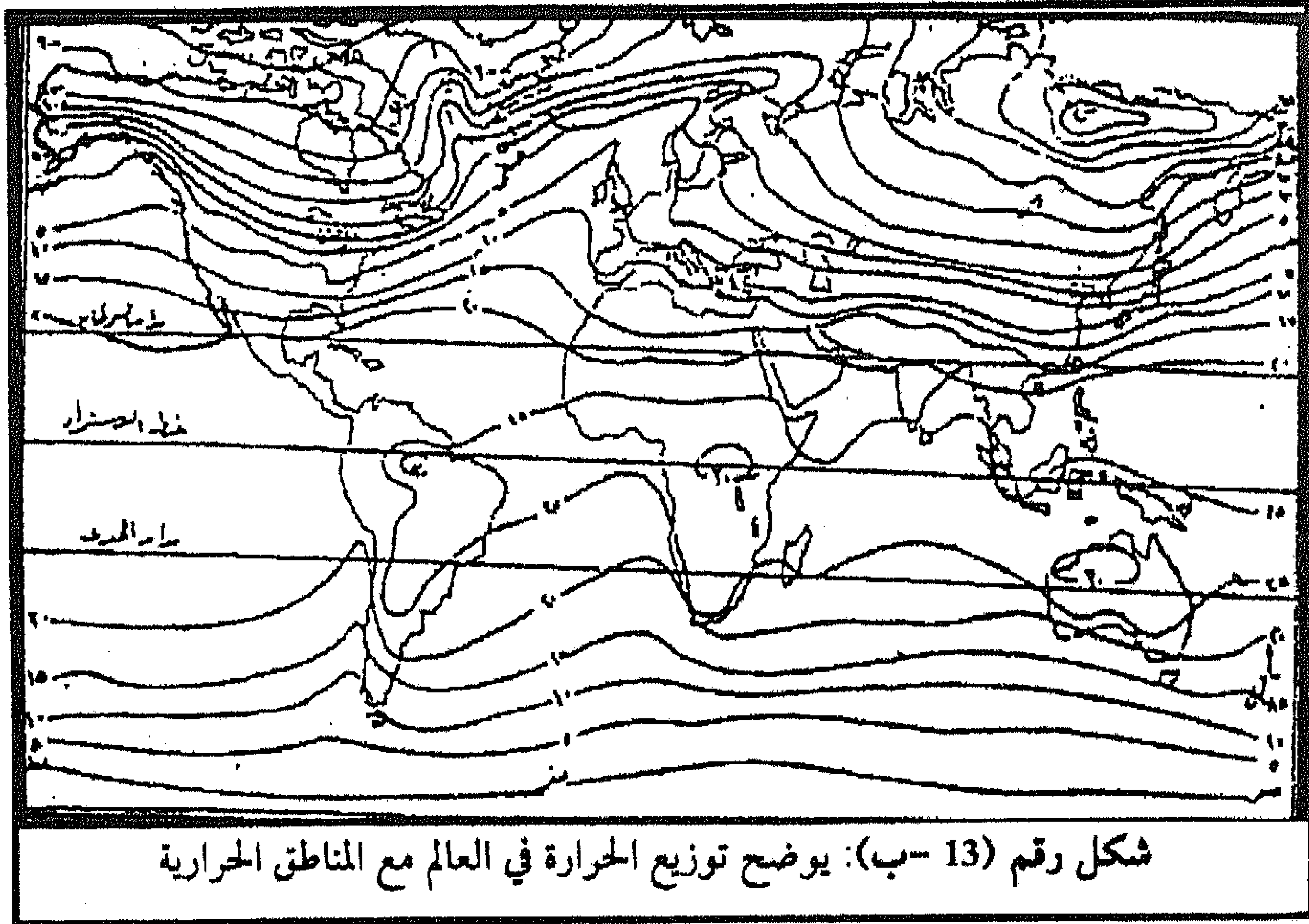
ب. الفرق بين توغل الشمس في التربة وتوغلها في المسطحات المائية، إذ تبلغ في الأولى بضعة مليمترات بينما تصل إلى عدة أمتار في الثانية.

ج. تتصف الرواسب السطحية الخشنة بكثرة المسامات المملوءة بالهواء في اليابس، مما يجعلها موصل رديء للحرارة بعكس الماء ذي التوصيل الجيد للحرارة.

د. يساهم بخار الماء الذي تزداد نسبته في البيئات البحرية في اعتراض الإشعاع الذي يصل نهاراً، وفي منع جزء كبير من الإشعاع الأرضي من الهروب باتجاه الفضاء الخارجي. وتعمل هذه الاختلافات بين اليابس والماء في تباين درجات الحرارة من مكان لآخر. وفي اختلاف عناصر المناخ الأخرى مثل الضغط الجوي والرياح في نشوء رياح محلية لبحر ونسيم الجبل والوادي.



شكل رقم (13–أ): يوضح توزيع الحرارة في العالم في تموز



شكل رقم (13 -ب): يوضح توزيع الحرارة في العالم مع المناطق الحرارية

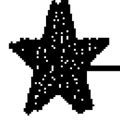
هـ. يستخدم الجزء الأكبر من الحرارة الساقطة على اليابس، في عملية التسخين المباشر بينما يستغل الجزء الأكبر من الأشعة الساقطة فوق المسطحات المائية في عملية التبخير. ويحتاج الغرام الواحد من الماء حتى تتبخر إلى نحو (540) سعراً حرارياً. ويمكن القول أن (25٪) من الأشعة الساقطة فوق المسطحات المائية، تستخدم في عملية التبخر.

و. تتوزع الحرارة في اليابسة على طبقة رقيقة منه، بالمقابل فإن التيارات المائية الرأسية تعمل على نقل الحرارة إلى أعماق أكبر. كما تعمل التيارات المائية الأفقية على خلط المياه الحارة بالمياه الباردة[1].

3. التضاريس

يعتبر عامل التضاريس أحد العوامل المؤثرة على توزيع الحرارة على سطح

(1) Landsoberg, H. E.; The Roots of Modern Climatology, "Journal of the Washington Academy of Sciences, 54, 1964, PP. 130-143.



الأرض، إذ تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع إلى الأعلى بوجه عام. لذلك فالتضاريس الجبلية تؤثر لحد كبير على هذا العنصر المناخي. كما تحد التضاريس من تأثير الكتل الهوائية من الوصول إلى المناطق الساحلية أو الأراضي الواقعة خلف هذه التضاريس العالية كمرتفعات الألب والهملايا والروكي والأنديز .... الخ.

4. التيارات البحرية

تعمل التيارات البحرية الدافئة والباردة على نقل الدفء أو البرودة للمناطق التي تمر بالقرب منها، كتيار خليج المكسيك والذي تبلغ درجة حرارته (27)م، بحيث جعل موانئ شمال غرب أوروبا مفتوحة للملاحة طول العام، وتيار كناري الذي ينقل البرودة من شمال غرب أوروبا إلى شمال غرب إفريقية (الصحراء العربية وموريتانيا)، وتيار لبرادور البارد الذي يؤثر على شمال شرق أمريكا الشمالية مثلاً[1].

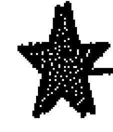
5. الرياح السائدة

تعمل الرياح على نقل الحرارة المحسوسة والكامنة من المسطحات المائية المدارية، إلى المناطق التي تعاني من عجز في الطاقة كالمناطق القطبية الباردة. حيث تساهم في تلطيف درجة الحرارة. كما أن الرياح الشمالية الباردة تؤدي إلى خفض درجات الحرارة في المناطق المعتدلة. كما تؤثر الرياح على اتجاه وسير خطوط الحرارة المتساوية بطريقة مشابهة لتأثير التيارات البحرية.

المناطق الحرارية التي اقترحها كوبن W. Köppen

لقد ميز هذا الباحث المناطق الحرارية بعضها عن بعض، بناءً على طول

(1) Koeppe, C. E.; and Delong, Op cit, 1985, PP. 90-110.



الفصل الدافئ أو الفصل البارد في كل منطقة فيها، ثم بناء على معدل درجة الحرارة في كل فصل من هذين الفصلين. ويمكن إيجازها فيما يلي:

1. منطقة مدارية حارة، وفيها لا يقل متوسط درجة الحرارة في أي شهر من شهور السنة عن (18) مئوية.
2. منطقة شبه مدارية، وتتميز بوجود فصل يتراوح طوله ما بين (3) أشهر وثمانية أشهر. ويكون متوسط درجة الحرارة أثناءه أعلى من (10°)م وأقل من (18°). أما باقي أشهر السنة فيجب ألا ينخفض متوسط درجة حرارتها عن (18°)م.
3. منطقة معتدلة، وتتميز بوجود فصل دافئ طويل يشمل أربعة أشهر على الأقل. وربما يشمل السنة بأكملها. ويتراوح متوسط درجة الحرارة أثناءه ما بين (10- 18°) مئوية. أما باقي الأشهر فينخفض متوسطها الحراري عن (10°)م.
4. منطقة باردة يكون بها الفصل الدافئ أقصر منه في المنطقة المعتدلة. ويتراوح طوله ما بين شهر وأربعة أشهر، ومتوسط درجة حرارته ما بين (10- 18°) مئوية.
5. منطقة قطبية وفيها يكون متوسط درجة الحرارة في جميع شهور السنة أقل من (10°)م.

المناطق الحرارية التي اقترحها أوستن ملر Austin Miller

يمتاز تقسيم أو ستن ملر للمناطق الحرارية بأنه يعتمد في تحديد فصل البرودة في العروض الوسطى على المتوسط الحراري (6°) مئوية أو (43°) فهرنهيتي. وذلك لما لهذا المتوسط من أهمية خاصة بالنسبة للحياة النباتية بصفة عامة. فمن المتفق عليه بين كثير من الباحثين، أن معظم نباتات المنطقة المعتدلة لا

يمكنها أن تنمو. إلا إذا كان المتوسط اليـومي لدرجـة الحـرارة أعلـى مـن (6°)م. ويمكن إيجاز تلخيصه فيما يلي:

1. مناطق حارة لا ينخفض المتوسط الشهري لدرجة الحرارة فيها عن (18°)م في أي شهر من شهور السنة[1].
2. مناطق معتدلة دافئة أو شبه مدارية، لا ينخفض متوسط درجـة حـرارة أي شهر من الشهور فيها عن ست درجات مئوية (43°) ف.
3. مناطق معتدلة باردة تتميز بوجود فصل شديد الـبرودة، يـتراوح طولـه مـا بين شهر وخمسة أشهر. ويكـون متوسـط درجـة الحـرارة أثنـاءه أقـل مـن (6°)م.
4. مناطق باردة يزداد فيها طول الفصل البارد، بحيث يشغل من ستة إلى تسعة أشهر. ويكون متوسط درجة الحرارة أثناءه أقل من (6°)م.
5. مناطق قطبية يوجد في بعضها فصل دافئ قصير، حيث لا يزيد على ثلاثـة أشهر، ويكون متوسط درجة الحرارة أثنـاءه أكثـر مـن (6°)م. أمـا بعضـها الآخر فشديد البرودة جداً طول السنة، بحيث لا يرتفع المتوسـط الحـراري في أي شهر من الشهور عن الصفر المئوي. وتتغطـى الأرض غالبـاً بطبقـة سميكة من الثلج الدائم[2].

(1) Miller, D. H.; Energy at the Surface of Earth, Academic Press, 1981, PP. 15-41.
(2) Lockwood, J. G.; Causes of Climate, Edward Arnold, 1979, PP. 80-103.

الفصل الثالث

الضغط الجوي والرياح



الفصل الثالث

الضغط الجوي والرياح

الضغط الجوي والرياح.

أجهزة قياسه.

الاختلافات في الضغط الجوي ومصدرها.

العوامل المؤثرة في الضغط الجوي.



الفصل الثالث

الضغط الجوي والرياح

الضغط الجوي والرياح

يعرف الضغط الجوي على أنه وزن عمود الهواء على وحدة مساحية في أية منطقة من سطح الأرض. ومن الحقائق المعروفة أن الهواء ليس عديم الوزن كما يخيل إلينا. بل إنه كأية مادة أخرى ذو ثقل معين يبلغ في الظروف العادية نحو 1.25 أوقية لكل قدم مكعب من الهواء.

ويمثل وزن عمود الهواء في الحقيقة مجموع ضغوط الغازات التي يتكون منها الهواء بنسب ثابتة.ويحسب هذا الضغط على أساس وزن عمود الهواء الواقع على بوصة مربعة واحدة من سطح الأرض. ويبلغ معدل هذا الوزن في الظروف العادية 14.7 رطلاً. وبعملية حسابية بسيطة ستجد أن كل قدم مربع من سطح الأرض فوقه هواء وزنه في المتوسط نحو (1000) كيلو غرام.

ويبلغ الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر وزن عمود من الزئبق ارتفاعه (760) ملمتراً أو (76) سنتميتراً أو 29.92 بوصة. ويوصف الضغط بوجه عام، بأنه منخفض أو مرتفع، إذا نقص أو زاد عن هذا المعدل. وقد استحدثت وحدة جديدة لقياس الضغط الجوي بدل المليمتر الزئبقي أو البوصة الزئبقية. وأطلق عليها اسم المللبيار. وهذه الوحدة هي المستخدمة في الوقت الحاضر في معظم الأرصاد الجوية.

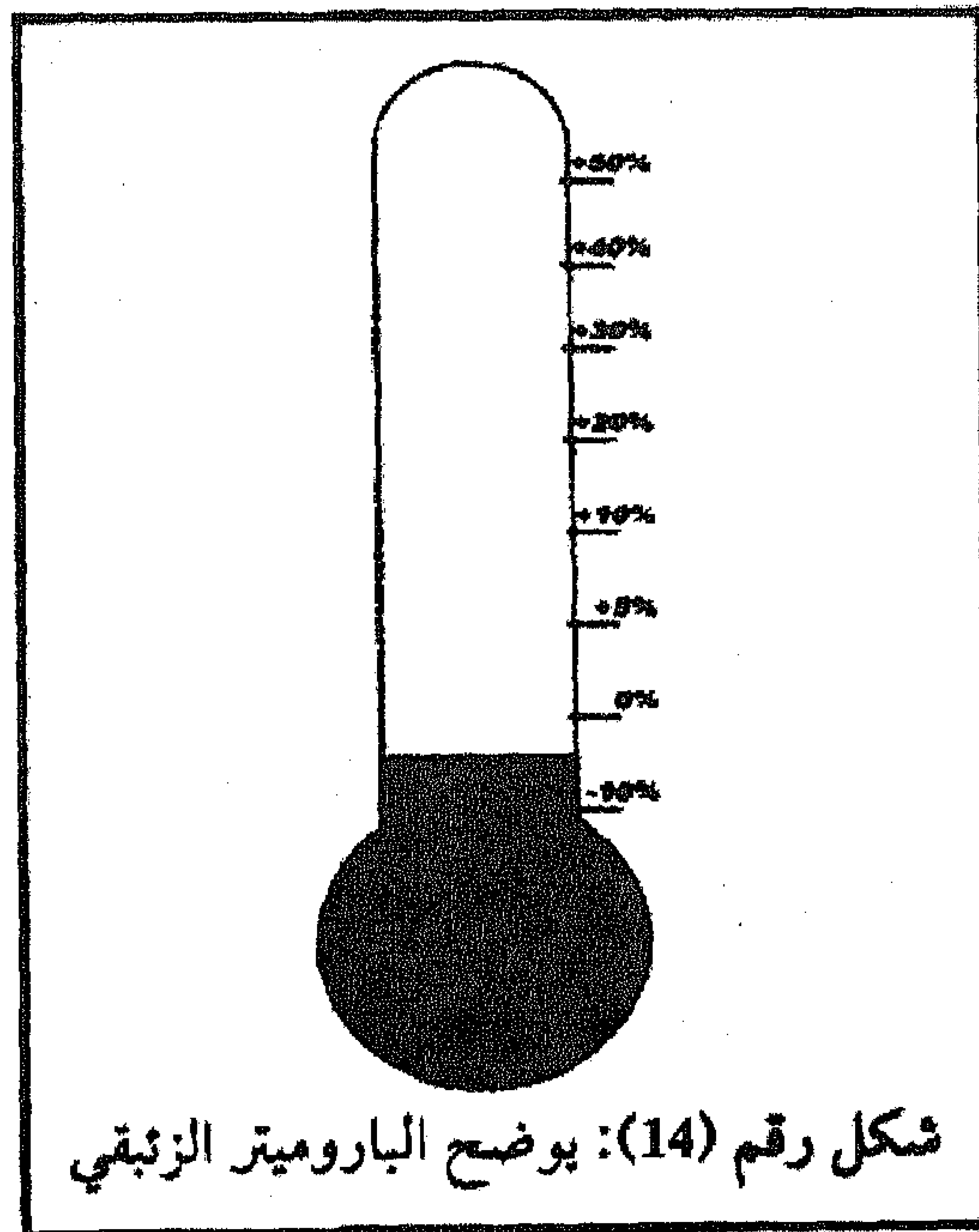
والمللبيار يعادل 1/ 1000 من وحدة أخرى هي البار- وهي الوحدة الديناميكية لقوة الضغط الواقعة على مساحة قدرها سنتمتر مربع واحد. ويعادل

البار مليون داين. والداين هو القوة اللازمة لتحريك غرام واحد من المادة لمسافة ملمتر في زمن مقداره ثانية واحدة.

ويمكن تحويل البوصات أو السنتمرات الزئبقية إلى ملليبارات على أساس أن البوصة تعادل 33.9 ملليبار، وأن السنتمتر يعادل 13.6 ملليبار. وعليه، يكون متوسط الضغط الجوي عند سطح البحر 1013.2 ملليبار[1].

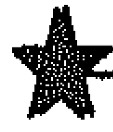
أجهزة قياسه

وتستخدم لقياس الضغط الجوي أجهزة أهمها البارومتر Barometer الزئبقي. وهو أكثر الأجهزة استعمالاً في هذا المجال مثل الجهاز من نوع فورتين Fortin.

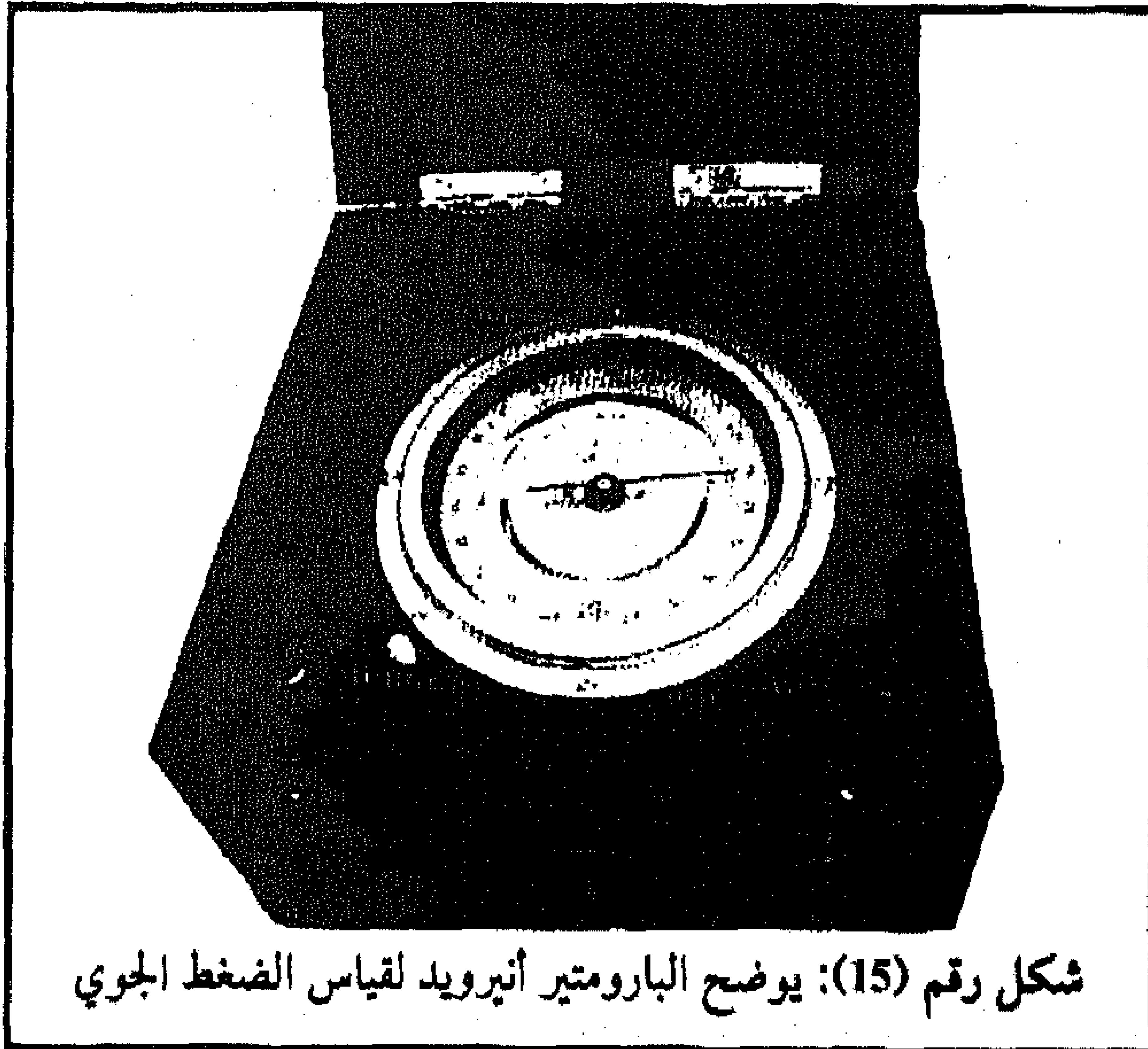


شكل رقم (14): يوضح البارومتر الزئبقي

(1) Miller, E. W.; Physical Geography, Miller Pub. Company, London, 1985.



وهناك جهاز أخر يختلف عن البارومتر الزئبقي، حيث يبين خط سير الضغط الجوي باستمرار على ورقة مقسمة تقسيماً خاصاً. وتوضع عند استخدامها حول أسطوانة تدور بواسطة ساعة أمام ريشة، مثبتة في مؤشر متصل بعدة أقراص معدنية، مفرغة وحساسة للضغط الجوي. فإذا زاد الضغط على هذه الأقراص، ارتفع الخط الذي يرسمه سن الريشة على الورقة، وبالعكس في حالة انخفاضه. ويعد تسجيل الضغط الجوي آلياً بهذه الطريقة هو أهم ما يميز الباروجراف عن البارومتر، كما يقاس الضغط الجوي بجهاز آخر اسمه البارومتر المفرغ أو باروميتر أنيرويد Barometer Aneroid وهو عبارة عن علبة معدنية مفرغة من الهواء تفريغاً غير كامل. وتتأثر جوانبها بالضغط الجوي، حيث تتمدد نحو الداخل أو الخارج، فيتحرك تبعاً لذلك ذراع معدني، يدور أمام قرص مقسم يمكن أن يقرأ عليه الضغط الجوي، ولكنه أقل دقة من الجهازين السابقين. ويفضل استخدامه بكثرة في الطائرات وعند التنقل نظراً لبساطته وصغر حجمه وسهولة حمله.



شكل رقم (15): يوضح الباروميتر أنيرويد لقياس الضغط الجوي

الاختلافات في الضغط الجوي ومصدرها

يختلف الضغط الجوي من منطقة لأخرى ومن وقت لآخر. فهناك نوعان من نظم الضغط الجوي، هما:

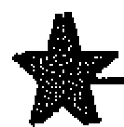
أ. مناطق ضغط مرتفع تسمى بأضداد الأعاصير أو الارتفاعات.

ب. مناطق ضغط منخفض تسمى بالأعاصير أو الانخفاضات.

ومناطق الضغط المرتفع والمنخفض بعضها نتيجة لظروف حرارية Thermal وبعضها لظروف ديناميكية Dynamic، وبعضها نتيجة الاثنين معاً. فكثافة الهواء ووزنه يتأثران بالحرارة السائدة، وأي اختلاف فيها سوف يؤدي إلى اختلاف في الضغط الجوي. فالهواء، إذا زادت حرارته فإنه يتمدد وإذا برد فإنه ينكمش. وعليه، فعمود من الهواء الساخن الخفيف يزن أقل من عمود آخر من الهواء البارد الثقيل. فيصبح وجود الهواء الساخن الخفيف منخفض الضغط، أما الهواء البارد الثقيل فذو ضغط مرتفع. مما يؤدي إلى حركة أفقية في الهواء من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض. غير أنه ليس من المحتم أن تكون مناطق الدفء ذات ضغط منخفض دائماً، ومناطق البرودة ذات ضغط مرتفع بصفة مستمرة. ومن أمثلة مناطق الضغط الناجمة عن أثر حراري، هي منطقة الضغط المنخفض الموجودة فوق وسط آسيا صيفاً، ومنطقة الضغط المرتفع الموجودة فوقها شتاء[1].

أما الأمثلة على مناطق الضغط الناجمة عن أثر ديناميكي، فتتمثل في مناطق الضغط المرتفع فيما وراء المدارين (أي حول خطي عرض 30 شمالاً وجنوباً)، حيث تفترق الرياح فيتجه بعضها نحو خط الاستواء وهي الرياح التجارية سواءً

(1) Muller, R. and A. Blander, T.; Physical Geography Today, 3rd. ed. Random House, New York, 1984.



الشمالية الشرقية أو الجنوبية الشرقية لدورة الرياح، والرياح الأخرى تتجه نحو الدائرتين القطبيتين 66.5 شمالاً وجنوباً)، وهي الرياح الغربية العكسية أو الغربيات.ويؤدي هذا الافتراق للرياح Divergence إلى وجود تيارات هوائية هابطة تعمل على زيادة ثقل الهواء، وبالتالي ارتفاع الضغط فيما وراء المدارين والقطبين.

ومن الجدير بالذكر أن هذا العامل الديناميكي يفوق العامل الحراري في التأثير على الضغط الجوي. إذ أن هذه العروض تتميز بالحرارة المرتفعة نسبياً.

تغير قيم الضغط الجوي بالارتفاع

بما أن الطبقة السفلى من الغلاف الغازي (طبقة التروبوسفير) تشكل 75٪ من وزن الهواء، وأن متوسط سمكها نحو 11 كم، فإن الضغط الجوي يتناقص بالارتفاع إلى أعلى بمعدل سريع. ويكون معدل التناقص في الطبقات الجوية العليا، أقل بسبب سيادة الغازات الخفيفة والتي تتكون منها تلك الطبقات. ويبين الجدول التالي تناقص قيم الضغط الجوي بالارتفاع.

جدول رقم (2): يوضح تناقص قيم الضغط الجوي بالارتفاع عن سطح البحر بالأقدام

الارتفاع بالأقدام	الضغط الجوي بالبوصة
سطح البحر	29.92
11.000	19.79
15.000	16.88
16.000	16.21
18.000	14.94[1]

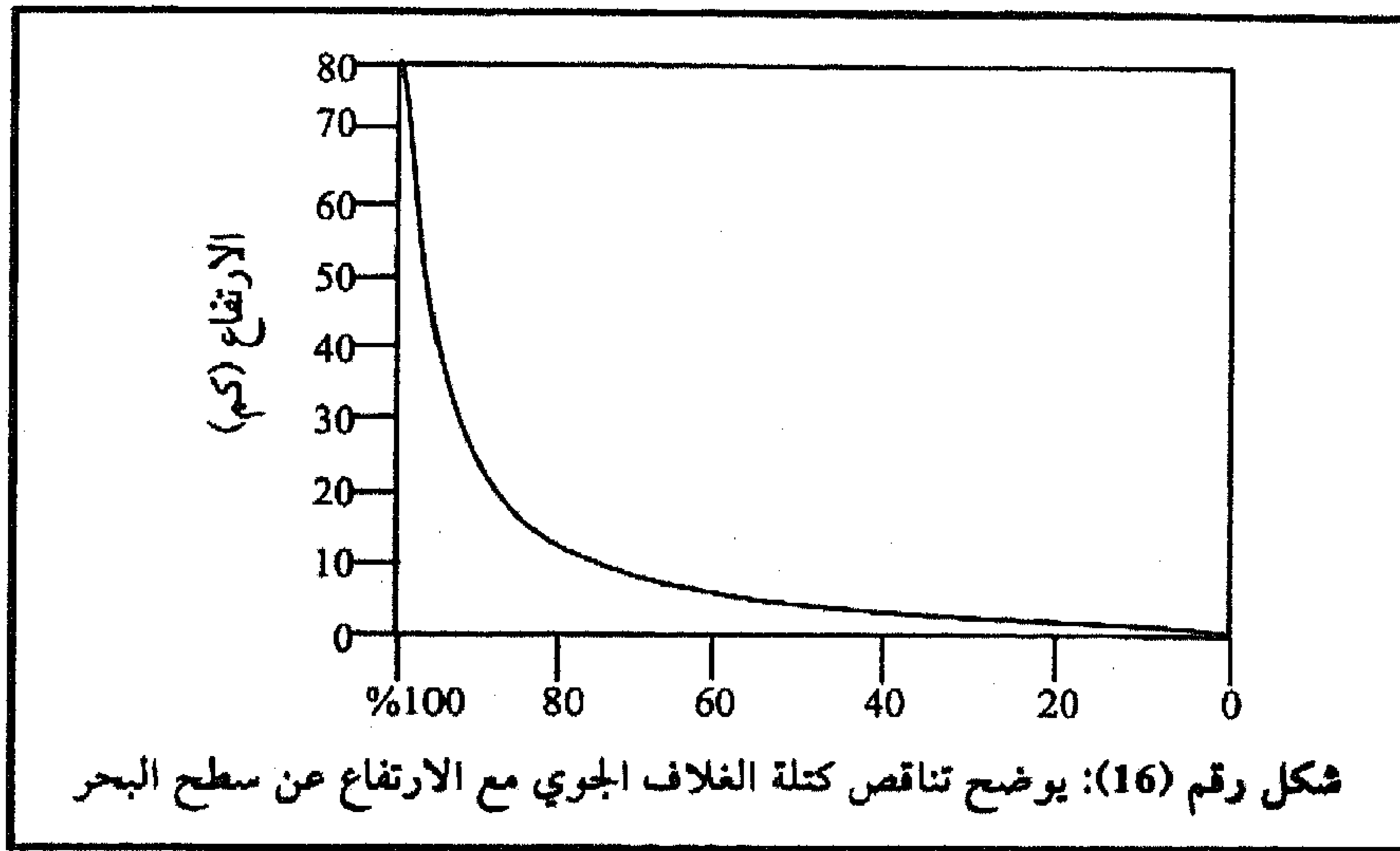
(1) Ibid.



جدول رقم (3): يوضح تناقص الضغط الجوي بالارتفاع عن سطح البحر بالأمتار

مستوى سطح البحر	**1013.2** ملليبار
16000م	101.34 ملليبار
31000م	10.134 ملليبار
48000م	1.0134 ملليبار

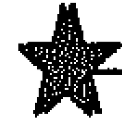
وينخفض الضغط الجوي بمعدل بوصة واحدة أو (34) ملليبار لكل (1000) قدم. كما يتأثر الجسم البشري بالضغط المنخفض، إذا انخفض انخفاضاً شديداً، فيصاب الإنسان بأعراض منها الإغماء وإدماء الأنف وغير ذلك.



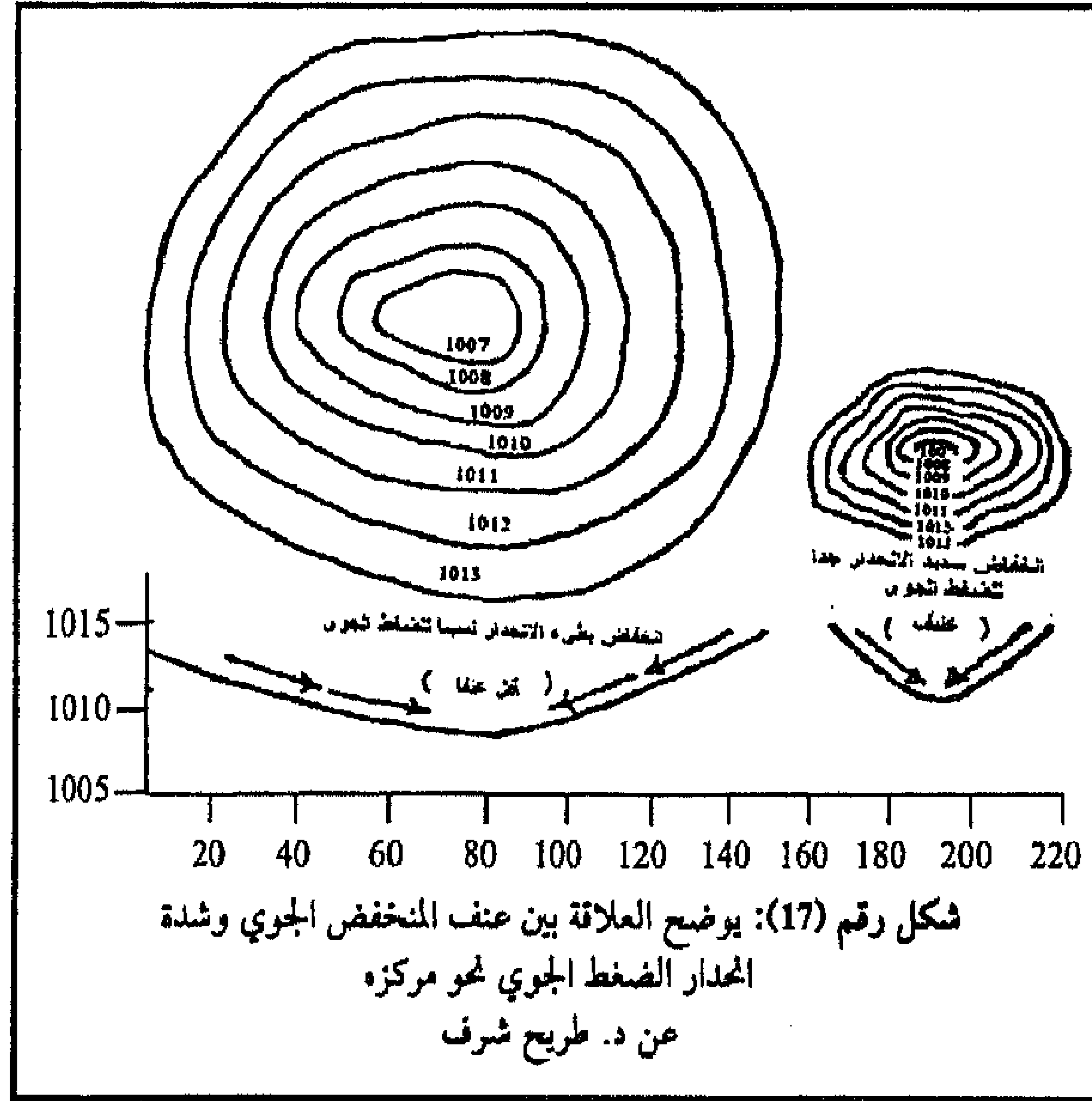
شكل رقم (16): يوضح تناقص كتلة الغلاف الجوي مع الارتفاع عن سطح البحر

ويؤكد التغير في قيم الضغط الجوي بالارتفاع، عدم تساوي كثافة الهواء على ارتفاعات مختلفة من الغلاف الجوي. كما أن الطبقة السفلى من الغلاف الجوي تتحمل ثقل وضغط طبقات الهواء المستقرة فوقها. حيث تقع تحت مكبس ثقيل الوزن. وعليه، تكون أكثر كثافة وأثقل وزناً من الطبقات العليا.

ولما كانت الحرارة تلعب دوراً رئيساً في تغيير كثافة الهواء، لذا أصبحت



التغيرات العمودية الحرارية، ذات تأثير كبير في تغير قيم الضغط الجوي عند الارتفاع للأعلى[1].

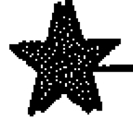


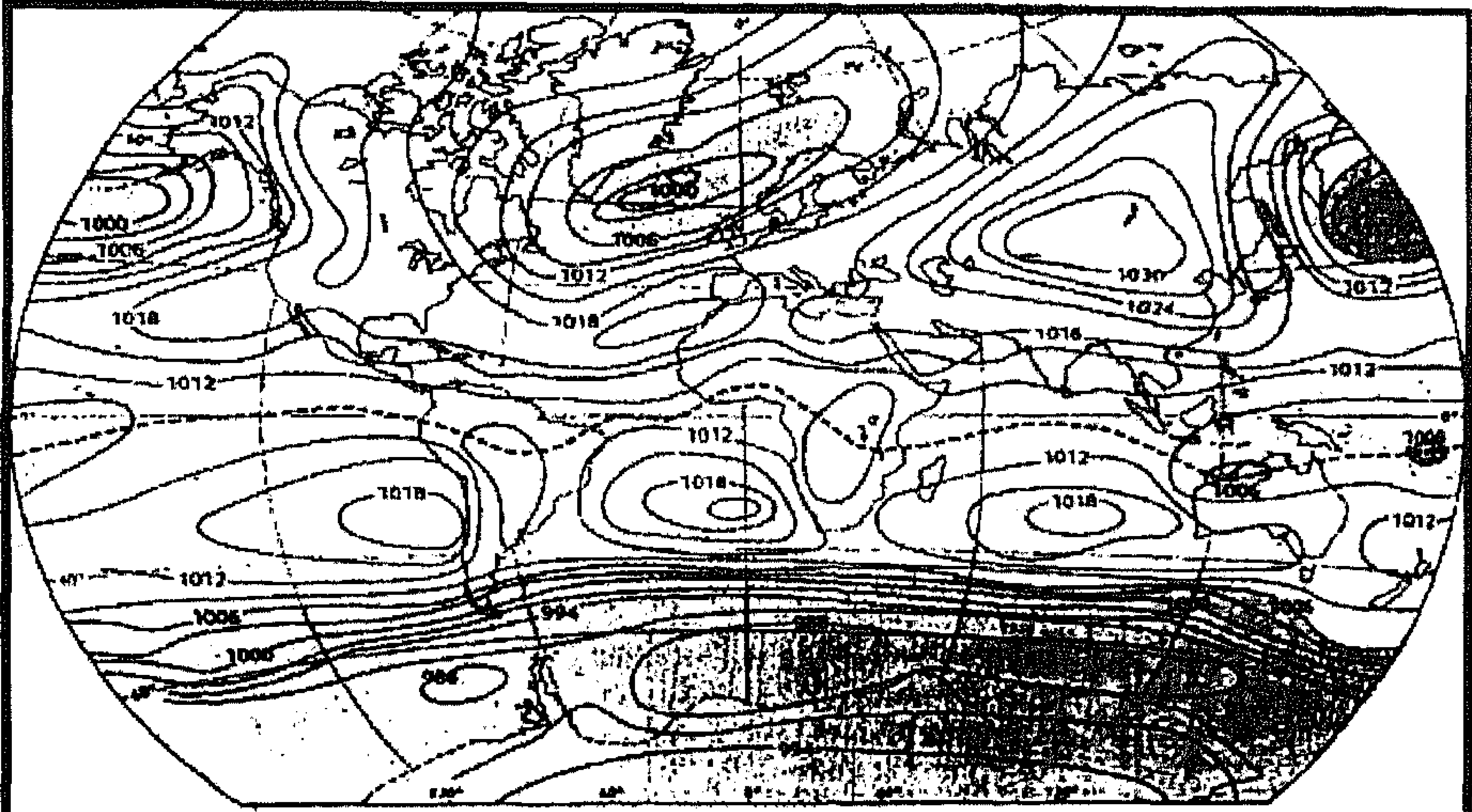
شكل رقم (17): يوضح العلاقة بين عنف المنخفض الجوي وشدة انحدار الضغط الجوي نحو مركزه
عن د. طريح شرف

التوزيع الأفقي للضغط الجوي

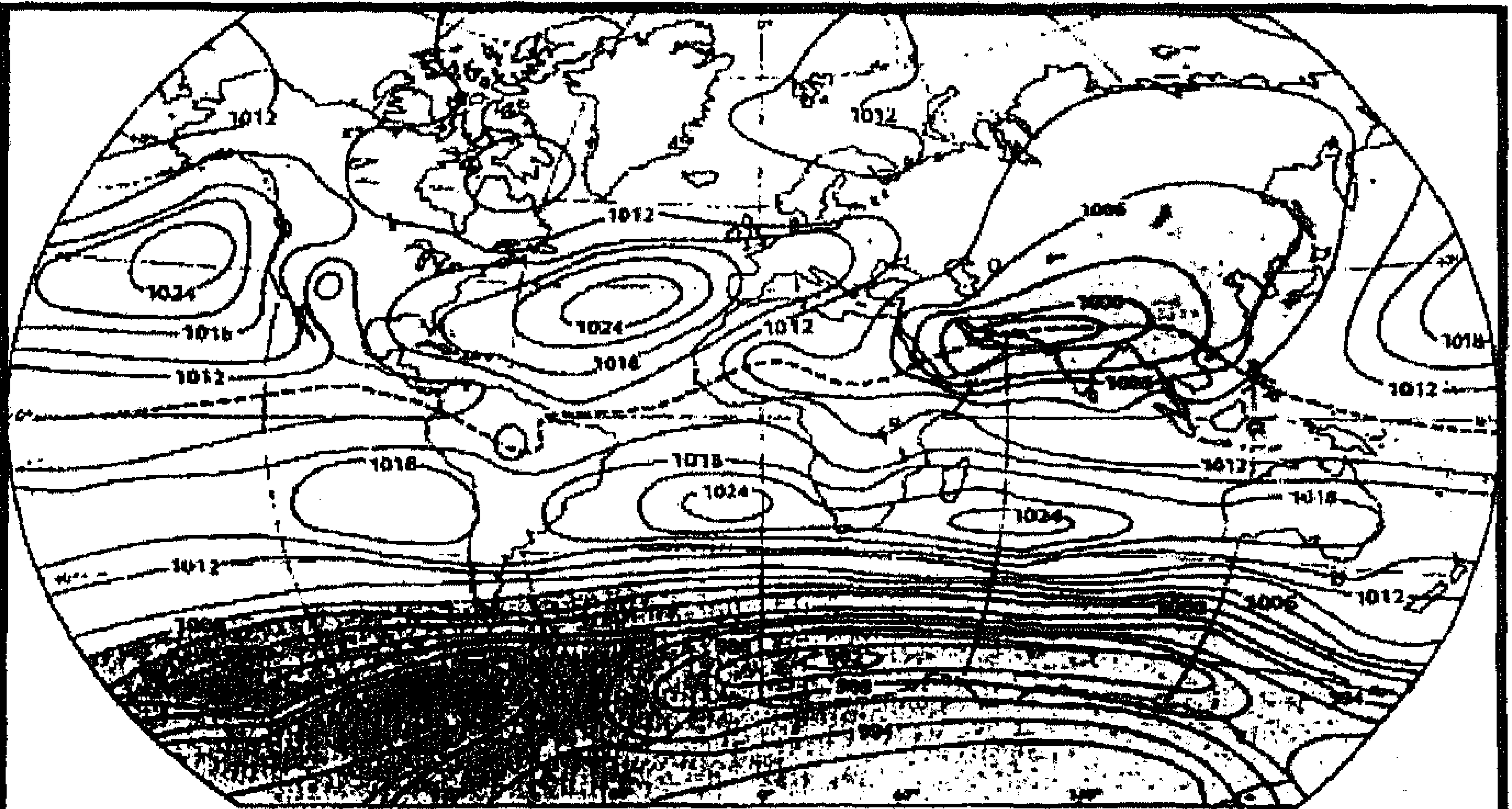
يمثل توزيع الضغط الجوي في الخرائط بواسطة خطوط الضغط المتساوي Isobars، وهي خطوط تصل بين الأجزاء المتساوية الضغط على ارتفاع واحد. حيث أن قيمة الضغط الجوي تعدل لمستوى سطح البحر، كما هو الحال في خطوط الحرارة المتساوية. وتوجد خرائط للضغط الجوي لتعطي صورة لتوزيع الضغط على ارتفاع 11000 قدم أو 16000 قدم فوق سطح البحر. فإذا كان القدم يعادل (30) سم، فإن القيمة بالأمتار تكون (33000) متراً أو (48000) متراً. ولهذه الخرائط أهمية كبيرة في الدراسات المتعلقة بالرياح والسحب والأمطار.

(1) Barry, R. G. and A. H. Perry.; OP. cit.





شكل رقم (18): يوضح توزيع خطوط الضغط الجوي المتساوي في شهر تموز في العالم



شكل رقم (19): يوضح توزيع خطوط الضغط الجوي المتساوي في شهر كانون الثاني في العالم

عن Driscoll, D. M. 1982, PP. 64-65

وحينما تتقارب خطوط الضغط المتساوي من بعضها، فإنها تشير إلى أن الضغط الجوي عميق، وأن الرياح الناجمة عنه قوية وشديدة السرعة. أما في حالة تباعدها فتكون الرياح ضعيفة وبطيئة[1].

العوامل المؤثرة في الضغط الجوي

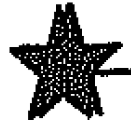
ويمكن إيجازها فيما يلي:

1. الارتفاع عن سطح البحر والانخفاض عنه.
2. درجة الحرارة.
3. رطوبة الهواء.
4. توزيع اليابس والماء.
5. التقاء تيارات هوائية من اتجاهات متضادة.
6. الدورة العامة للغلاف الجوي.

1. الارتفاع والانخفاض عن سطح البحر

فكلما زاد الارتفاع عن سطح البحر نقص عمود الهواء. وتناقصت كذلك نسبة الغازات الثقيلة الموجودة فيه، وأهمها الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون. ونتيجة لكل ذلك يتناسب الضغط الجوي تناسباً عكسياً مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر. وليس هناك معدل ثابت لهذا التناقص، لأنه يتأثر بعوامل عدة، أهمها رطوبة الهواء ودرجة حرارته وكثافته. وبالرغم من ذلك، فقد أمكن حساب معدلات تقريبية له، حيث أشارت الدراسات إلى أن الضغط يتناقص بمعدل (10) ملليبارات كلما زاد الارتفاع مئة متر أي واحد ملليبار لكل عشرة أمتار.

(1) Maunder, W. J.; The Value of Weather, London, Methuen Co. Ltd. 1970.



2. درجة الحرارة

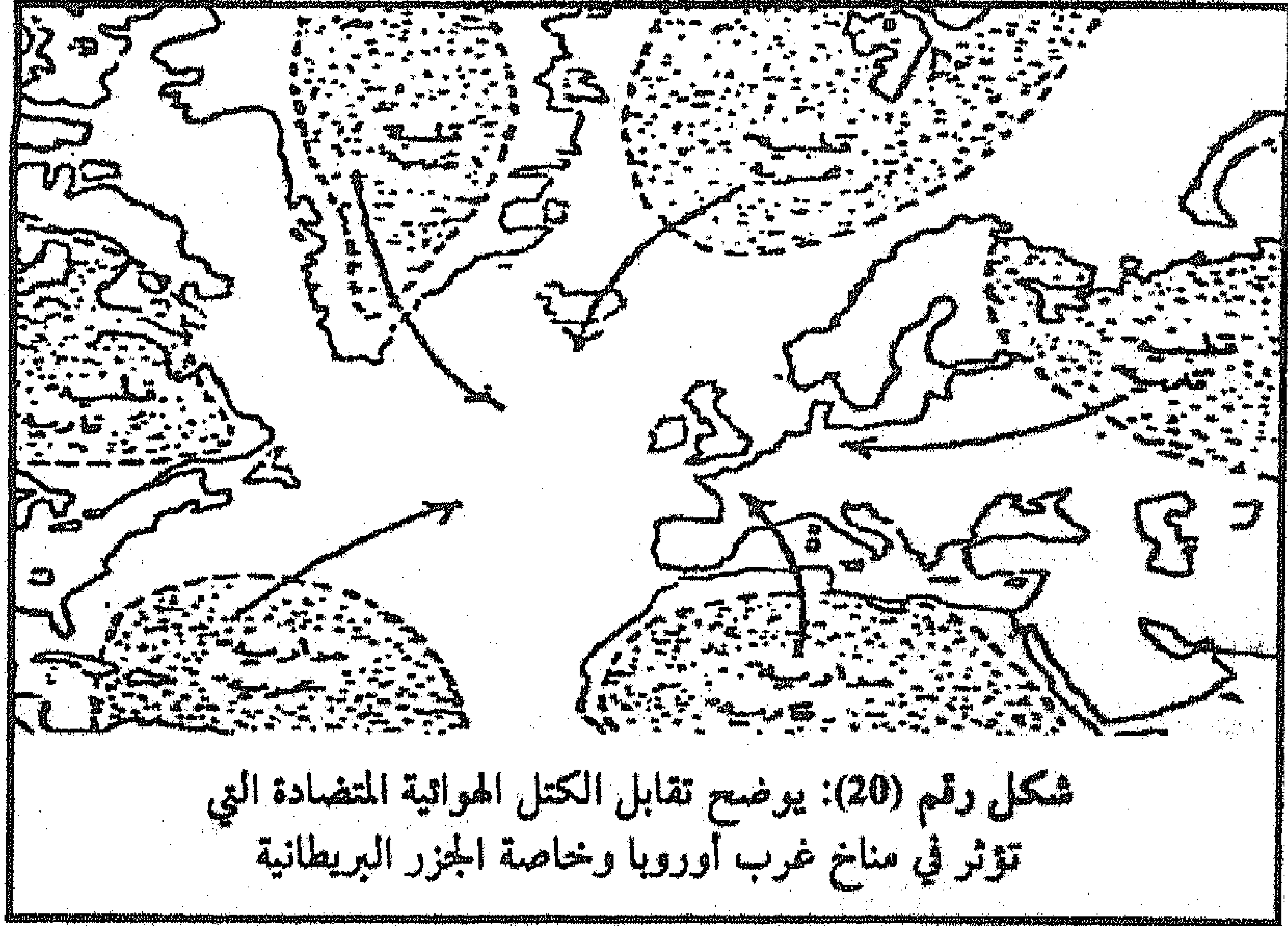
في الواقع يتناسب الضغط الجوي تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة، إذا لم يحدث تدخل من عوامل أخرى. فعندما ترتفع درجة الحرارة يتمدد الهواء ويرتفع إلى أعلى وتقل كثافته. وقد ينتقل بعضه في الطبقات العليا إلى المناطق الباردة نسبياً، حيث هواء هذه المناطق يميل للهبوط والانكماش باتجاه سطح الأرض مما يؤدي إلى تزايد كثافته.

ونتيجةً لهذه الأسباب مجتمعة ووصول هواء جديد في أعلى الجو من المناطق الدافئة، يتكون ضغط مرتفع فوق المناطق الباردة. وينتقل قسم من هوائها عند سطح الأرض إلى المناطق الدافئة ليحل محله الهواء الذي تمدد وارتفع إلى أعلى. والواقع أن اختلاف درجة الحارة وما يترتب عليه من تباين في الضغط الجوي فوق المناطق المتجاورة هو أحد العوامل الرئيسة في نشأة الدورة الهوائية العامة[1].

3. رطوبة الهواء

تتناسب كمية بخار الماء الموجودة في الهواء تناسباً عكسياً مع مقدار الضغط الجوي؛ وذلك لكون كثافة بخار الماء أقل من كثافة الهواء. أي أنه كلما ارتفعت نسبة بخار الماء في الجو كلما أصبح الهواء أقل كثافة وانخفض ضغطه الجوي. ومع تزايد كمية بخار الماء في الهواء، ينزاح جزء من هواء تلك المنطقة ليحل محله بخار الماء، فينخفض الضغط الجوي تباعاً. وإذا ما تناقصت كمية بخار الماء في هواء منطقة ما، فسوف يؤدي إلى تزايد قيم الضغط الجوي لتلك المنطقة.

(1) Maunder, J.; Op. cit.



شكل رقم (20): يوضح تقابل الكتل الهوائية المتضادة التي تؤثر في مناخ غرب أوروبا وخاصة الجزر البريطانية

وعليه، فإن الضغط الجوي في البيئات الساحلية الرطبة، يصبح أقل منه في البيئات القارية الجافة. كما أن الضغط الجوي في الأيام ذات الرطوبة النسبية المرتفعة أقل منه في الأيام الجافة.

4. توزيع اليابس والماء

نظراً لاختلاف أنظمة الحرارة لكل من اليابس والماء. فإن التوزيع الجغرافي للضغط الجوي يختلف أيضاً تبعاً لاختلاف درجة حرارتيهما. ففي فصل الصيف تصبح أواسط القارات مراكز للضغط الجوي المنخفض، بينما تبقى المسطحات المائية المجاورة مراكز للضغط الجوي المرتفع، فتهب الرياح منها باتجاه اليابس (كالرياح الموسمية الصيفية في إقليم آسيا الموسمية) وبالعكس في فصل الشتاء لذلك الإقليم[1].

(1) عبد الإله رزوق كربل وماجد السيدولي، الطقس والمناخ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي العراقية، جامعة البصرة، 1982م.

5. التقاء تيارات هوائية من اتجاهات متضادة

عندما يلتقي تياران هوائيان من اتجاهين متضادين فوق سطح الأرض، فإن هذا الالتقاء يؤدي إلى حدوث تيارات هوائية صاعدة، يترتب عليها انخفاض في الضغط الجوي. وهذا ما يحدث في العروض المعتدلة، حيث يتكون الضغط الجوي المنخفض بسبب التقاء الكتل الهوائية المدارية الدافئة البحرية مع الكتل القطبية الباردة.

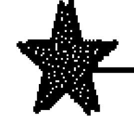
6. الدورة العامة للغلاف الجوي

تُعتبر الدورة العامة للغلاف الجوي عاملاً أساسياً في تحديد الأنماط الرئيسة، لنطاقات الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على سطح الكرة الأرضية، بينما تقوم العوامل الأخرى السابقة بإدخال تعديلات فصلية أو يومية، على نطاقات الضغط الجوي. فالحركة الرأسية للهواء التي تتم في الغلاف الجوي بنوعيها الهابطة والصاعدة، تحدد نمط الضغط الجوي للهواء.

فالمناطق المدارية تعتبر مناطق ضغط جوي مرتفع بسبب سيادة التيارات الهوائية الهابطة، بينما سيادة التيارات الهوائية الصاعدة، يؤدي إلى تشكيل نطاقات من الضغط الجوي المنخفض، كما هو الحال في المناطق الاستوائية والدائرتين القطبية الشمالية والجنوبية.

توزيع الضغط الجوي والدورة الهوائية العامة

يتأثر الضغط الجوي في توزيعه على سطح الكرة الأرضية بعوامل مختلفة، أهمها درجة الحرارة وتوزيعها. فالمنطقة الحارة تكون عادةً مركزاً لضغط منخفض، حيث يسخن هواءها، ويتمدد ويرتفع إلى أعلى الجو بشكل تيارات صاعدة. ويحدث العكس في المنطقة الباردة التي يبرد هواؤها وتزداد كثافته، فيهبط



نحو سطح الأرض في شكل تيارات هابطة. ويؤدي هذا الاختلاف إلى أن الهواء الذي يرتفع فوق المنطقة الحارة، يضطر للانتقال في أعلى الجو، ليحل محل الهواء الذي يهبط تدريجياً نحو سطح الأرض في المنطقة الباردة. ومن هذه المنطقة الأخيرة يتحرك الهواء عند سطح الأرض، نحو المنطقة الحارة ذات الضغط المنخفض، ليحل محل الهواء الذي سخن وارتفع[1]. وبهذه الطريقة تنشأ دورة هوائية خاصة يتحرك فيها الهواء حركتين متضادتين وهما:

1. الحركة الأولى عند سطح الأرض، حيث يحرك الهواء من المناطق الباردة ذات الضغط المرتفع، إلى المناطق الدافئة ذات الضغط المنخفض.
2. أما الحركة الثانية، فتحدث في طبقات الجو العليا حيث يحدث العكس. وحركة الهواء في أعلى الجو هي التي تشتهر باسم الرياح العليا. أما حركته عند سطح الأرض، فرغم أنها تسمى أحياناً بالرياح السفلى، إلا أن الاسم الشائع لها هو الرياح فقط. وذلك لأهميتها بالنسبة لجميع الدراسات الجغرافية، سواءً منها ما يتعلق بحياة الإنسان والحيوان والنبات، أو ما يتعلق منها بالمظاهر الطبيعية لسطح الأرض.ولهذا السبب فإن هذه الرياح هي التي تهمنا غالباً عند دراسة المناخ. ولكن يجب أن نلاحظ مع ذلك أن دراسة الرياح العليا تعتبر من الدراسات المهمة بالنسبة للعاملين بالملاحة الجوية والعلوم الطبيعية.

النطاقات الرئيسة للضغط الجوي

يتضح من دراسة خرائط توزيع الضغط الجوي، أن هناك نطاقات للضغط الجوي تمتد من الغرب إلى الشرق مع خطوط العرض. ولكن هذه النطاقات

(1) Ibid.

تكون أحياناً متصلة فوق اليابس والماء وأحياناً تنفصل. ومن الملاحظ أيضاً أن توزيع مناطق الضغط أكثر تجانساً في نصف الكرة الجنوبي عنه في نصفها الشمالي. وهذه النطاقات هي:

1. نطاق من الضغط المنخفض حول خط الاستواء.
2. نطاقان من الضغط الجوي المرتفع فيما بين دائرتي عرض (30-35) شمالاً وجنوباً تقريباً.
3. نطاقان من الضغط الجوي المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين ما بين دائرتي عرض (60-65) شمالاً وجنوباً.

4- نطاقان من الضغط الجوي المرتفع عند القطبين.

1. نطاق من الضغط المنخفض حول خط الاستواء: ويطلق عليه اسم نطاق الضغط المنخفض الاستوائي. ويعزى سبب وجوده إلى ارتفاع درجة الحرارة ونشاط التيارات الهوائية الصاعدة طيلة العام.بالإضافة إلى وجود كميات عظيمة من بخار الماء في الهواء، مما يساعد على قلة كثافته. كما يطلق عليه "نطاق الركود الاستوائي" لعدم وجود رياح ظاهرة به. ويلاحظ أن الهواء الذي يرتفع في هذا النطاق يتحرك في أعلى طبقة التروبوسفير باتجاه القطبين، وحوالي دائرة عرض (30) شمالاً وجنوباً حيث يهبط قسم منه بعد برودته، ليتقابل مع هواء قادم من القطبين. ويساعد هذا الهواء الهابط على تكون نطاقي الضغط المرتفع وراء المدارين. أما الباقي فيواصل رحلته باتجاه القطبين حيث يهبط ويساعد على تكون ضغط مرتفع هناك.

ويتصف الإقليم الاستوائي بوجه عام، بأنه الإقليم الوحيد بين أقاليم العالم الذي تتوزع فيه الحرارة، توزيعاً متعادلاً في كل جهاته. كما يضعف الانحدار في درجة الحرارة، ضعفاً ظاهراً الأمر الذي ينجم عنه، ضعف

الانحدار في الضغط الجوي، وقلة الفرق في الضغط بين منطقة وأخرى. ويتمخض عن هذه الظاهرة الأخيرة أن حركة الهواء بين أنحاء الإقليم الاستوائي، تكون جد بطيئة مع بعضها البعض. ويقل انحدار الضغط الجوي في النطاق الاستوائي كلما اتجهنا نحو مركزه. وحينما تصل للمركز لا يكون للضغط الجوي أي انحدار! وهنا يتوقف الهواء عن الحركة ويسود السكون. وهذا ما يعبر عنه بمنطقة السكون الاستوائي أو الركود الاستوائي Doldrums. ولا يكون للهواء منفذ في هذه المنطقة إلا الصعود إلى الأعلى فتصعد مقادير كبيرة منه إلى طبقات الجو العليا، ويحدث للهواء المتصاعد أن يتمدد، فتقل حرارته وتتكاثف الأبخرة، التي يحتوي عليها، فتسقط الأمطار بشكل منهمر للغاية.

وكلما ابتعدنا عن الدائرة الاستوائية فإن انحدار الضغط الجوي يتزايد شيئاً فشيئاً، الأمر الذي يساهم إلى حد كبير على هبوب رياح معتدلة السرعة نحو الجهات الاستوائية. وهي الرياح التي تعرف بالرياح التجارية The Trades. ومما تتصف به هذه الرياح أنها منتظمة في هبوبها، كما أنها تحمل معها كميات هائلة من بخار الماء، من فوق المحيطات الدافئة التي تمر عبرها. فتتكاثف حال وصولها إلى منطقة الركود الاستوائي ويصعد الهواء منها إلى الأعلى.

ويعتبر عبور النطاق الاستوائي من أصعب مراحل السفر للسفن الشراعية، التي غالباً ما تعجز عن الحركة، بسبب سكون الهواء فيه. وربما تمكث في مكانها عدة أيام، إلى أن تهب الرياح التجارية الخفيفة لتنقذها مما هي فيه من عدم الحركة، بالرغم من ضعف تلك الرياح الشديد.

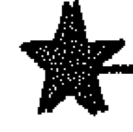
ولذلك يقال بشكل عام إن هبوب الرياح التجارية أينما هبت وفي أي

وقت حلت، فهي ضيف محبوب يرحب به الناس، لأن أثرها عظيم للغاية في تلطيف الحرارة، وإنعاش النفس في داخل هذا النطاق، الذي يدعى بالركود الاستوائي أو السكون الاستوائي. وهي وإن كانت رياحاً دافئة، إلا أن أثرها في إراحة الجسم وتهويته عظيمٌ للغاية. لأنها تساهم لحد كبير في عملية التبخر من الجلد لكونها أقل رطوبة. ولذلك يهتم القاطنون في هذا الإقليم، اهتماماً كبيراً بتصميم مساكنهم بحيث توجه منافذها وأبوابها إلى الجهة التي تهب منها تلك الرياح المحببة إليهم وهي الرياح التجارية.

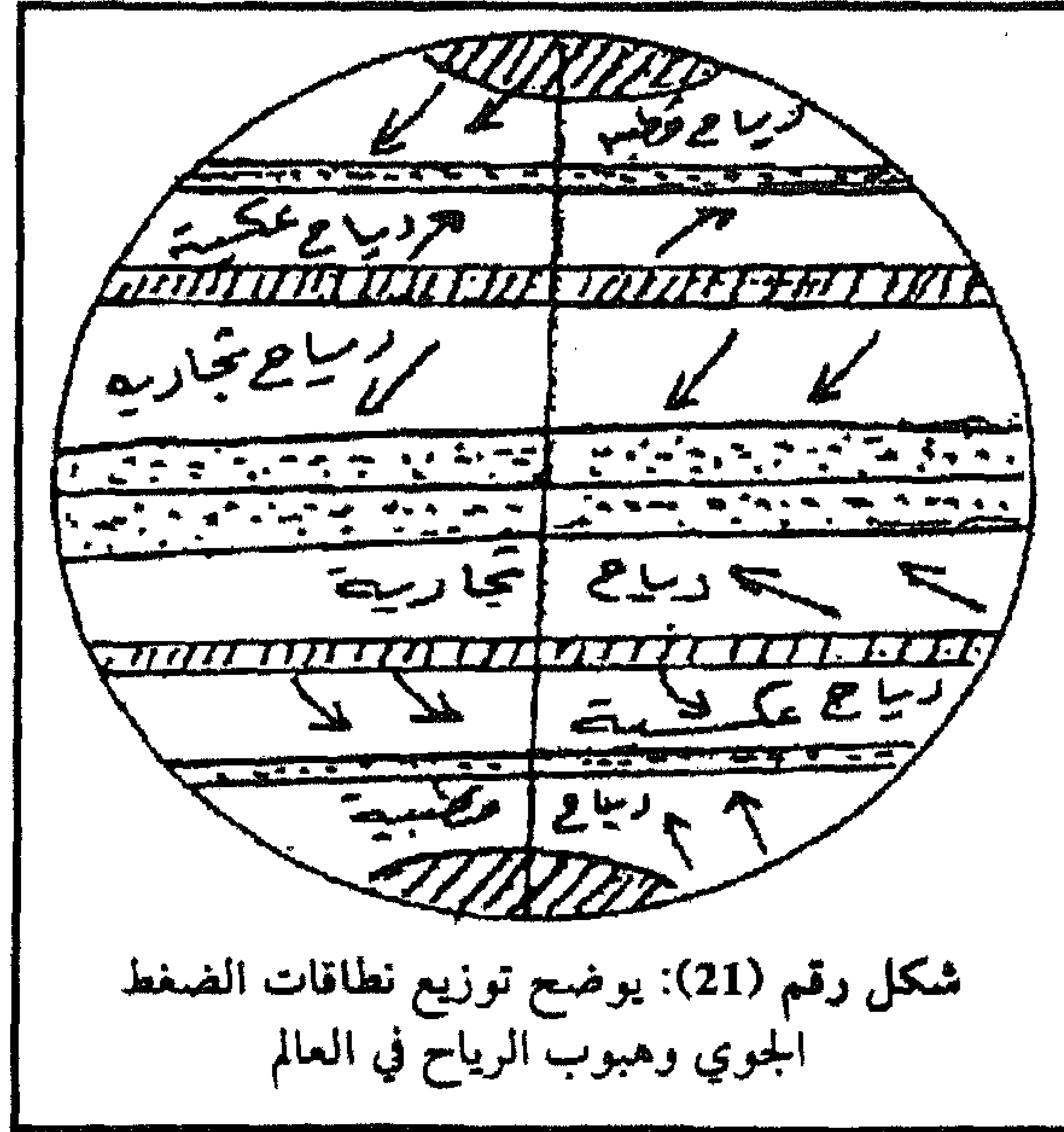
2. نطاقان من الضغط المرتفع يمتدان في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي ما بين دائرتي عرض (30–35) تقريباً. وهي العروض التي تشتهر باسم "عروض الخيل". ويطلق على هذين النطاقين عادةً اسم نطاقاً الضغط المرتفع وراء المدارين. ويعزى سبب وجودهما إلى هبوط الهواء نحو سطح الأرض في هذه العروض كما سبق أن أشير لذلك. ومن هذين النطاقين تهب الرياح التجارية نحو الضغط المنخفض الاستوائي من جهة، والرياح العكسية (الغربية) نحو الدائرتين القطبيتين من جهة أخرى.

3. نطاقان من الضغط المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين (ما بين دائرتي عرض 60–65) تقريباً. وأحياناً يسمى الضغط المنخفض شبه القطبي شمالاً وجنوباً، ويعزى سبب تكوينهما إلى وجود تيارات هوائية صاعدة في تلك العروض بسبب التقاء الرياح العكسية القادمة من نطاقي الضغط المرتفع وراء المدارين مع الرياح القطبية الباردة القادمة من ناحية القطبين.

4. نطاقان من الضغط المرتفع عند القطبين في المناطق التي يغطيها الجليد طول السنة. ويعزى سبب وجودهما إلى شدة برودة الهواء وقلة بخار الماء العالق



به[1]. وذلك بالإضافة إلى وجود تيارات هوائية هابطة كما ذكر آنفاً. ومن هذين النطاقين تهب رياح قطبية شديدة البرودة نحو الدائرتين القطبيتين.



شكل رقم (21): يوضح توزيع نطاقات الضغط الجوي وهبوب الرياح في العالم

ويلاحظ أن هذه النطاقات المختلفة للضغط الجوي تتزحزح نحو الشمال في فصل الصيف الشمالي، ونحو الجنوب في فصل الشتاء بما يقرب من خمس إلى عشر درجات عرضية. وذلك بسبب تزحزح الأقاليم الحرارية العامة تبعاً لحركة الشمس الظاهرية.

كما يلاحظ أن هبوب الرياح الدائمة في هذه النطاقات المختلفة يرتكز على مناطق الضغط الجوي المرتفع التي تهب منها الرياح الدائمة إلى مناطق الضغط المنخفض التي تستقبل تلك الرياح كما هو مبين في حركة الرياح حول خلايا الضغط المنخفض التي تستقبل تلك الرياح كما هو مبين في حركة الرياح حول خلايا الضغط الجوي المرتفع والمنخفض كما في الأشكال التالية:

(1) Sellers, W. D.; OP Cit, 1965.

قال تعالى: ﴿ وَأَرْسَلْنَا ٱلرِّيَٰحَ لَوَٰقِحَ فَأَنزَلْنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَأَسْقَيْنَٰكُمُوهُ وَمَآ أَنتُمْ لَهُۥ بِخَٰزِنِينَ ﴿٢٢﴾ وَإِنَّا لَنَحْنُ نُحْيِۦ وَنُمِيتُ وَنَحْنُ ٱلْوَٰرِثُونَ ﴾ الآية 22- 23 سورة الحجر.

H
1020
تحدر بطيء
1015
1010
1005
1000
أ
تحدر سريع للضغط الجوي
H
ب
ج

شكل رقم (22): يوضح خلايا الضغط الجوي المرتفع والمنخفض مع تحدر خطوط الضغط المتساوي

الفصل الرابع

الرياح وأنواعها



الفصل الرابع

الرياح وأنواعها

انحراف الرياح بسبب دوران الأرض حول نفسها.

الارتفاع عن سطح الأرض وتأثيره على سرعة الرياح.

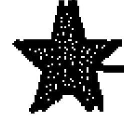
أنواع الرياح:

الرياح الموسمية.

الرياح المحلية الدورية.

الرياح المحلية المرافقة للمنخفضات الجوية.

العوامل التي تؤثر في اتجاه الرياح وسرعتها.

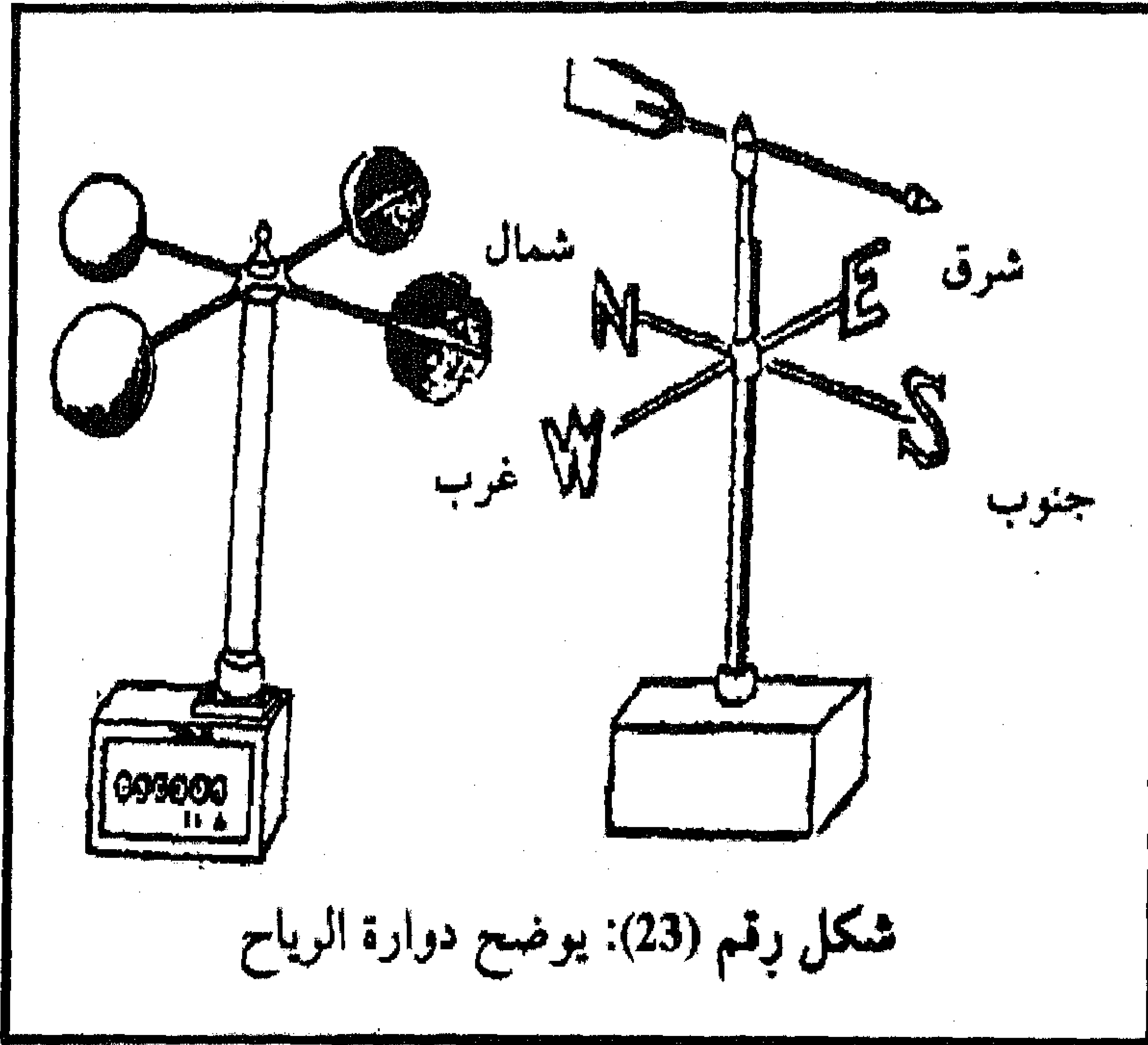


الفصل الرابع

الرياح وأنواعها

من المعروف أن الرياح تحدث نتيجة لاختلاف نطاقات الضغط الجوي، حيث تتحرك من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، وتزداد حركتها وسرعتها حينما يكون الفرق بينهما كبيراً.

وتقاس سرعة الرياح بواسطة الأنيموميتر Anemometer وأشهرها أنيموميتر روبنسون، وهو عبارة عن عمود مثبت فيه عدد من أنصاف الدوائر المعدنية. ويتصل العمود بعداد، وعندما تدور هذه الطاسات بعد هبوب الرياح تسجل هذه السرعة بواسطة عداد كهربائي موجود بالجهاز في فترة زمنية محددة ثم تحسب سرعة الرياح على أساسها.



شكل رقم (23): يوضح دوارة الرياح



انحراف الرياح بسبب دوران الأرض حول نفسها

لـو أن الأرض كانـت ثابتـة لوجـدنا أن الريـاح تهـب مباشـرةً وفي خـط مستقيم، بين الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض. غير أنه بسبب دوران الأرض فإن الرياح في هبوبها يصيبها انحراف عـن الاتجـاه المباشـر. فتنحـرف علـى يمـين اتجاها في نصف الكرة الشمالي وعلى يسـار اتجاههـا في نصـف الكـرة الجنـوبي، ويدعى هذا القانون بقانون فرل Ferrel Law.

الارتفاع عن سطح الأرض وتأثيره على سرعة الرياح

تزداد سرعة الرياح عادةً بالارتفـاع عـن سـطح الأرض، وتكـون الزيـادة كبيرة في المئة قدم الأولى. إذ تبلغ سرعة الرياح عنـد ارتفـاع (33) قـدماً ضـعف سرعتها على ارتفاع 1.5قدم. ويعـزى سـبب انخفـاض سـرعة الريـاح في الجـزء الأسفل من الغلاف الغازي إلى وجود عوائق السطح. كما تعمـل هـذه العوائـق على تغيير اتجاه الرياح وانقسام التيار الهوائي الواحد إلى عدة أقسام حسب شكل التضاريس أو وجود المباني أو الأشجار أو غير ذلك[1].

أنواع الرياح

1. الرياح الدائمة ومنها:

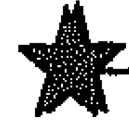
أ. الرياح التجارية (التجاريات) The Trades.

ب. الرياح الغربية (الغربيات) The Westerlies (وفيها التيارات الهوائيـة النفاثة).

ج. الرياح القطبية The Polar Wind.

---

(1) Mather, J.R; OP. cit, 1974.



2. الرياح الموسمية The Monsoon Wind.
3. الرياح المحلية الدورية The Local Wind.
4. الرياح المحلية التي ترافق المنخفضات الجوية The Depression Local Wind.

أ. الرياح التجارية (The Trades):

ويهب هذا النوع من الرياح الدائمة من مناطق الضغط المرتفع فيما وراء المدارين باتجاه خط الاستواء. وتكون الرياح التجارية شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي، وجنوبية شرقية في نصفها الجنوبي نحو منطقة الركود الاستوائي (المنخفض). غير أن منطقة الضغط المنخفض عند خط الاستواء تنتقل إلى الشمال قليلاً في فصل الصيف الشمالي مع حركة الشمس الظاهرية، فتضطر الرياح التجارية إلى عبور خط الاستواء الفلكي، لكي تصل إلى منطقة الضغط المنخفض. وبذلك يصبح اتجاهها جنوبية غربية، وتحدث حالة مماثلة في الصيف الجنوبي عندما تنتقل منطقة الضغط المنخفض الاستوائي إلى جنوب خط الاستواء فتعبر الرياح التجارية الشمالية الشرقية خط الاستواء ويصبح اتجاهها شمالية غربية وتتراوح سرعة هذه الرياح الدائمة ما بين (16-24) كم بالساعة. كذلك نجدها أسرع في نصف الكرة الجنوبية، حيث تصل سرعتها إلى نحو (23) كم في المتوسط أكثر منها في نصف الكرة الشمالي والبالغ نحو 18كم في المتوسط. ويعزى سبب ذلك إلى أن المسطحات المائية التي تغلب على نصف الكرة الجنوبي لا تمثل عائقاً يحد من سرعة الرياح، بينما في نصف الكرة الشمالي حيث يغلب اليابس والتضاريس المرتفعة، مع أشجار الغابات فتقل سرعة الرياح نتيجةً لهذه العوائق.

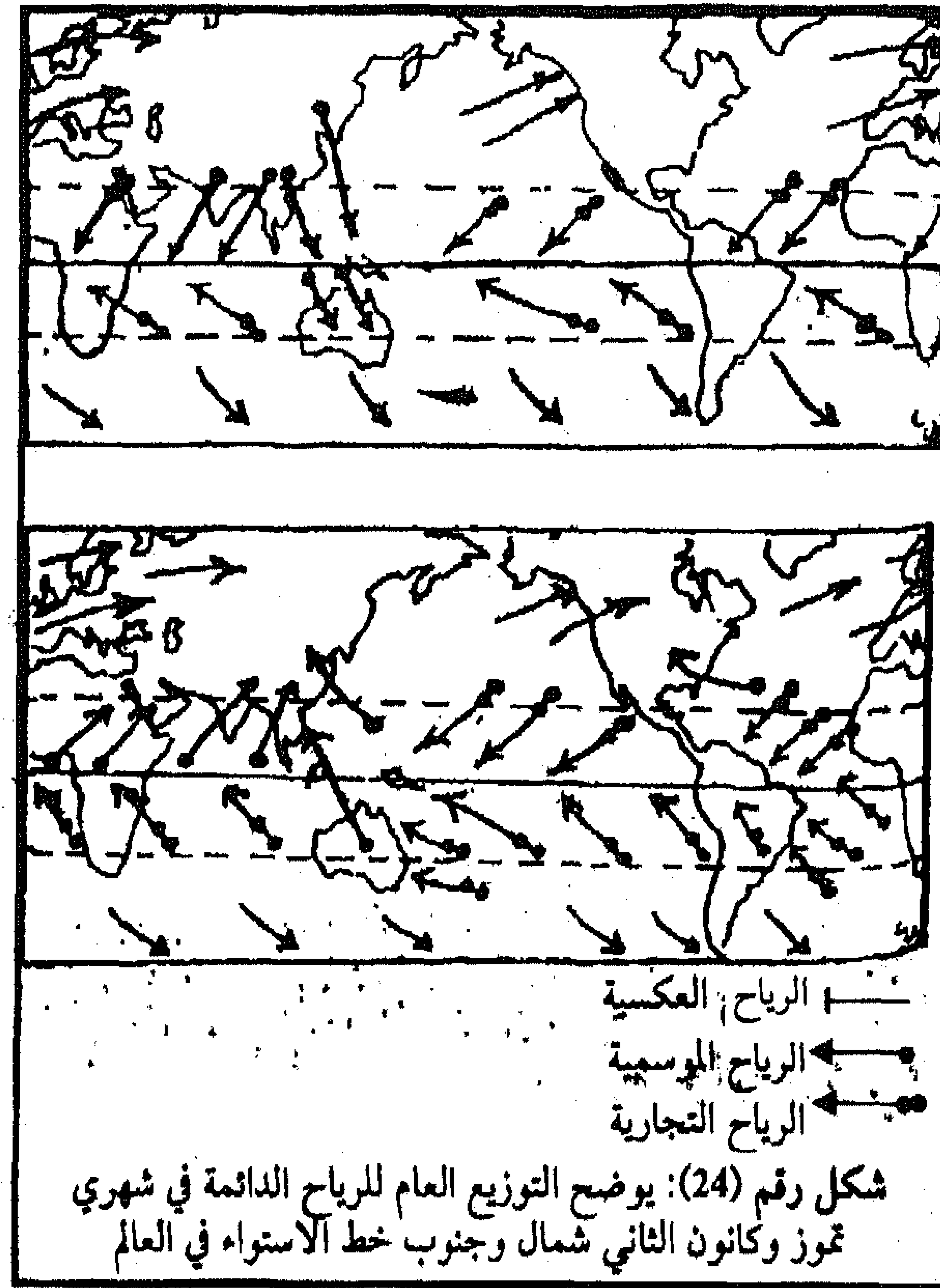


ب. الرياح الغربية The Westerlies:

تخرج هذه الرياح من مناطق الضغط المرتفع حول خطي عرض (30-35°) شمالاً وجنوباً (عروض الخيل) متجهة نحو القطبين. فهي بذلك تختلف عن الرياح التجارية في أنها تتحرك من جهات معتدلة إلى جهات باردة نسبياً. إذ تحمل إليها الدفء على عكس الرياح التجارية التي تعمل على تلطيف حرارة الجهات المدارية التي تسود فيها.

وتتسم الرياح الغربية العكسية بأنها رياح متغيرة من وقت لآخر. إذ تتغير في سرعتها واتجاهها تغيراً كبيراً، خاصة وأن نطاق الرياح الغربية تسود به الأعاصير التي تنتقل من الغرب إلى الشرق. فعند هبوب تلك الأعاصير تسود اضطرابات في اتجاه الرياح وسرعتها. وقد تحدث عواصف كما قد تهب رياح من جميع الجهات.

قال تعالى: ﴿ ٱللَّهُ ٱلَّذِى يُرْسِلُ ٱلرِّيَٰحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُۥ فِى ٱلسَّمَآءِ كَيْفَ يَشَآءُ وَيَجْعَلُهُۥ كِسَفًا فَتَرَى ٱلْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَٰلِهِۦ ۖ فَإِذَآ أَصَابَ بِهِۦ مَن يَشَآءُ مِنْ عِبَادِهِۦٓ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ ﴿٤٨﴾ وَإِن كَانُوا۟ مِن قَبْلِ أَن يُنَزَّلَ عَلَيْهِم مِّن قَبْلِهِۦ لَمُبْلِسِينَ ﴾ الآية 48 و49 سورة الروم.



شكل رقم (24): يوضح التوزيع العام للرياح الدائمة في شهري تموز وكانون الثاني شمال وجنوب خط الاستواء في العالم

ويلاحظ أن الرياح الغربية أكثر انتظاماً في نصف الكرة الجنوبي عنها في نصفها الشمالي. كما أن الرياح الغربية تتصف بزيادة قوتها شتاءً عنها في فصل الصيف، وخاصة في نصف الكرة الشمالي. فعندما تصبح القارات مناطق ضغط منخفض في الصيف، يقلل هذا من حدة الاختلاف في الضغط بين مناطق الضغط فوق القارات وفوق المحيطات؛ وبالتالي يؤدي إلى ضعف الرياح، حيث تتراوح سرعتها ما بين (32-50) كم بالساعة[1].

(1) سرعة الرياح بالعقدة بالساعة = العقدة = 1850م.

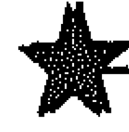


وقد بينت الأرصاد والدراسات الجوية الحديثة خلال الثلاثينات من القرن العشرين الماضي، أن نطاق الرياح الغربية يتميز بوجود تيارات هوائية علوية، محددة تحديداً واضحاً يجعلها أشبه بالأنهار. وتسمى بالتيارات الهوائية النفاثة Jet Streams. وهي تندفع في اتجاه عام من الغرب إلى الشرق بسرعة كبيرة تتراوح ما بين (250-600) كم في الساعة. وأن التحديد الواضح لمجاريها مع سرعة حركة هوائها هو الذي أوحى بتسميتها بالتيارات النفاثة. ولقد تم اكتشافها لأول مرة عام 1933م، بواسطة العالم النرويجي بيركنيس Bjerknes وظهرت أهميتها الخطيرة خلال الحرب العالمية الثانية، حيث لوحظ أنها كانت توقف تقدم قاذفات القنابل الجابهة لها، بل وكانت تؤدي في بعض الأحيان إلى تراجعها نحو الخلف[1].

التيارات النفاثة (Jet Steams)

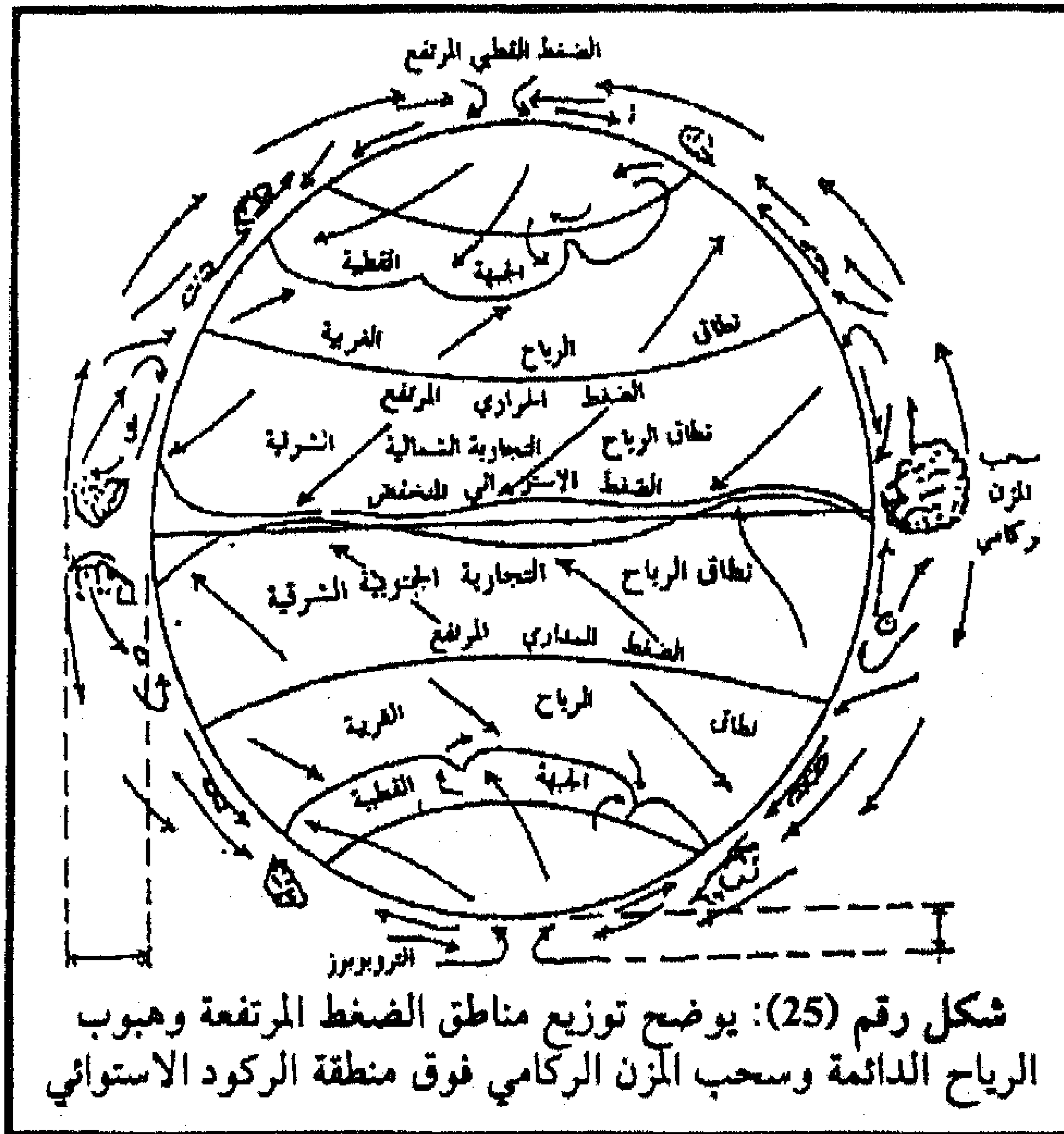
لقد أكدت الدراسات الميترورولوجية الحديثة على وجود هذه التيارات الهوائية العليا النفاثة، وعلى ارتفاعات عالية في طبقة التروبوبوز Tropopause. حيث تقع نطاقاتها مسامتة لنطاقي الجبهات القطبية في نصفي الكرة الأرضية. وتتسم بشدة سرعتها حيث تبلغ نحو 370 كم بالساعة، وعلى ارتفاع نحو 14 كم من سطح البحر. وتتكون هذه التيارات من عدة شعب متجاورة تعرف الشعبة الوسطى الرئيسية منها في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، باسم تيارات فيرل الغربية Ferrel Westerlies. وتبعاً لوقوع هذه التيارات النفاثة في طبقة التروبوبوز وفوق نطاق الجبهات القطبية، وعند تلاقي الكتل الهوائية القطبية بالكتل الهوائية شبه المدارية، يرجح بعض الباحثين بأن دراستها قد تساعد على

(1) د. شرف، مرجع سبق ذكره، ص 116.



تفسير حدوث الاضطرابات الجوية والأعاصير والانخفاضات الجوية التي تحدث بالقرب من سطح الأرض.

قال تعالى: ﴿وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَرْسَلَ ٱلرِّيَٰحَ بُشْرًۢا بَيْنَ يَدَىْ رَحْمَتِهِۦ ۚ وَأَنزَلْنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾ لِّنُحْۦِىَ بِهِۦ بَلْدَةً مَّيْتًا وَنُسْقِيَهُۥ مِمَّا خَلَقْنَآ أَنْعَٰمًا وَأَنَاسِىَّ كَثِيرًا﴾ 48 و49 سورة الفرقان.

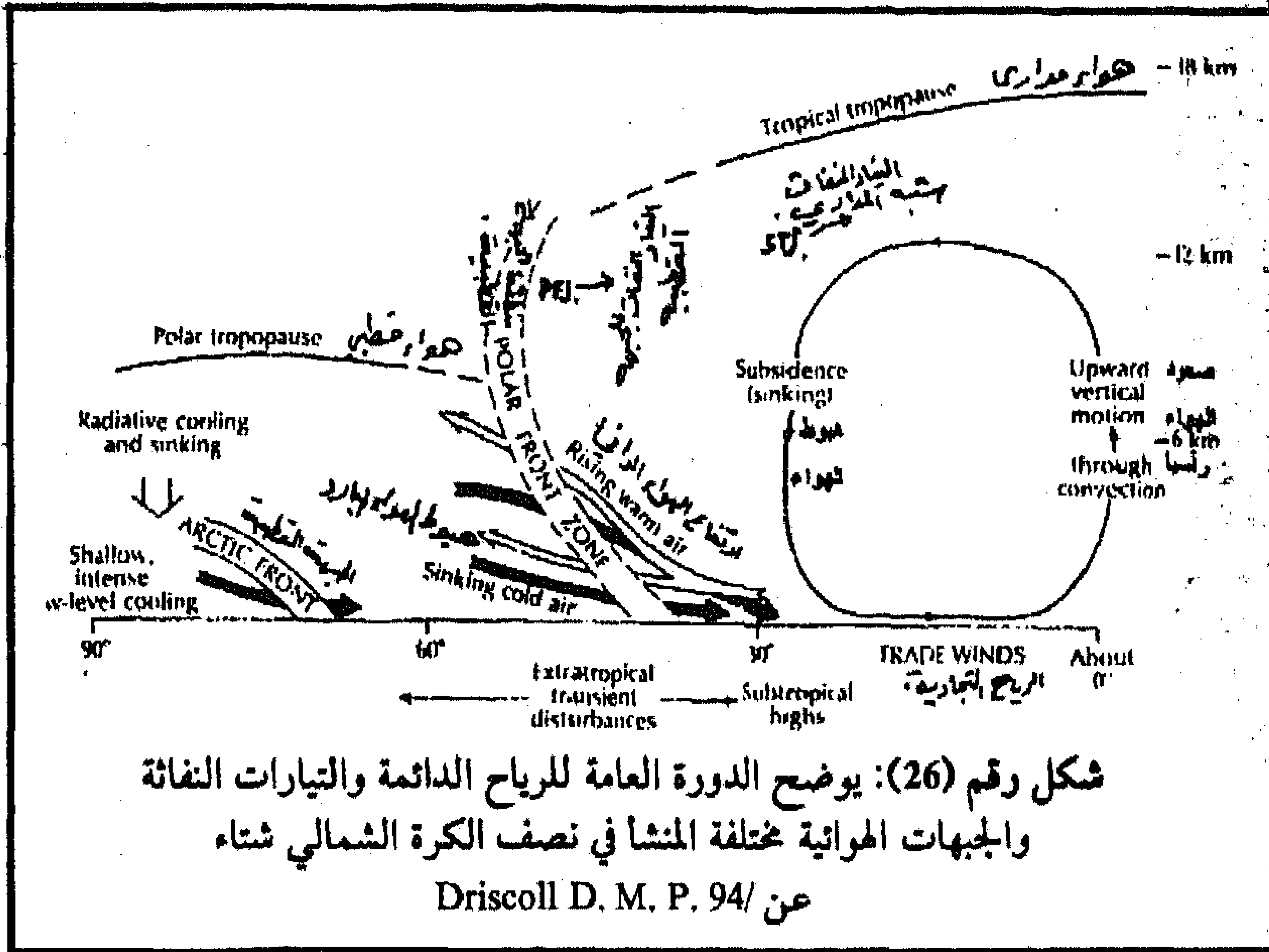


شكل رقم (25): يوضح توزيع مناطق الضغط المرتفعة وهبوب الرياح الدائمة وسحب المزن الركامي فوق منطقة الركود الاستوائي

ويبلغ متوسط سمك الهواء فيها عدة آلاف من الأقدام (1200 متر)، في حين يتراوح اتساع التيار ما بين 500 إلى 700 كم. وتتراوح سرعة الشعبة الوسطى الرئيسة من هذا التيار النفاث العلوي ما بين 370 - 555 كم بالساعة. وبينما تزداد سرعتها خلال الشتاء تقل بالتدريج خلال فصل الصيف شمال وجنوب خط الاستواء.

أما في نصف الكرة الجنوبي فقد سجلت عمليات الرصد الجوي حدوث

هذه التيارات الهوائية في طبقة التروبوبوز، وخاصة فوق أعالي العروض شبه المدارية (فوق كل من أميركا الجنوبية وأستراليا وجزيرة نيوزيلندا. وعليه تعرف باسم التيارات النفاثة شبه المدارية Sub – Tropical Jet Steam. ولهذه التيارات مسالك تكاد تكون شبه ثابتة.[1]



شكل رقم (26): يوضح الدورة العامة للرياح الدائمة والتيارات النفاثة والجبهات الهوائية مختلفة المنشأ في نصف الكرة الشمالي شتاء
عن /Driscoll D. M. P. 94

وقد بلغت سرعتها فوق المحيط الهندي جنوب خط الاستواء بأكثر من 555 كم بالساعة متجهة من الغرب إلى الشرق، أما فوق المناطق القطبية ومع ارتفاع 93كم فسجلت سرعتها بأكثر من 600 كم بالساعة. وأحياناً تهبط على ارتفاع نحو 22 كم من سطح الأرض. وبلغت سرعتها نحو 555 كم بالساعة. ولكن ماذا يقصد بالتيارات النفاثة؟؟[2]

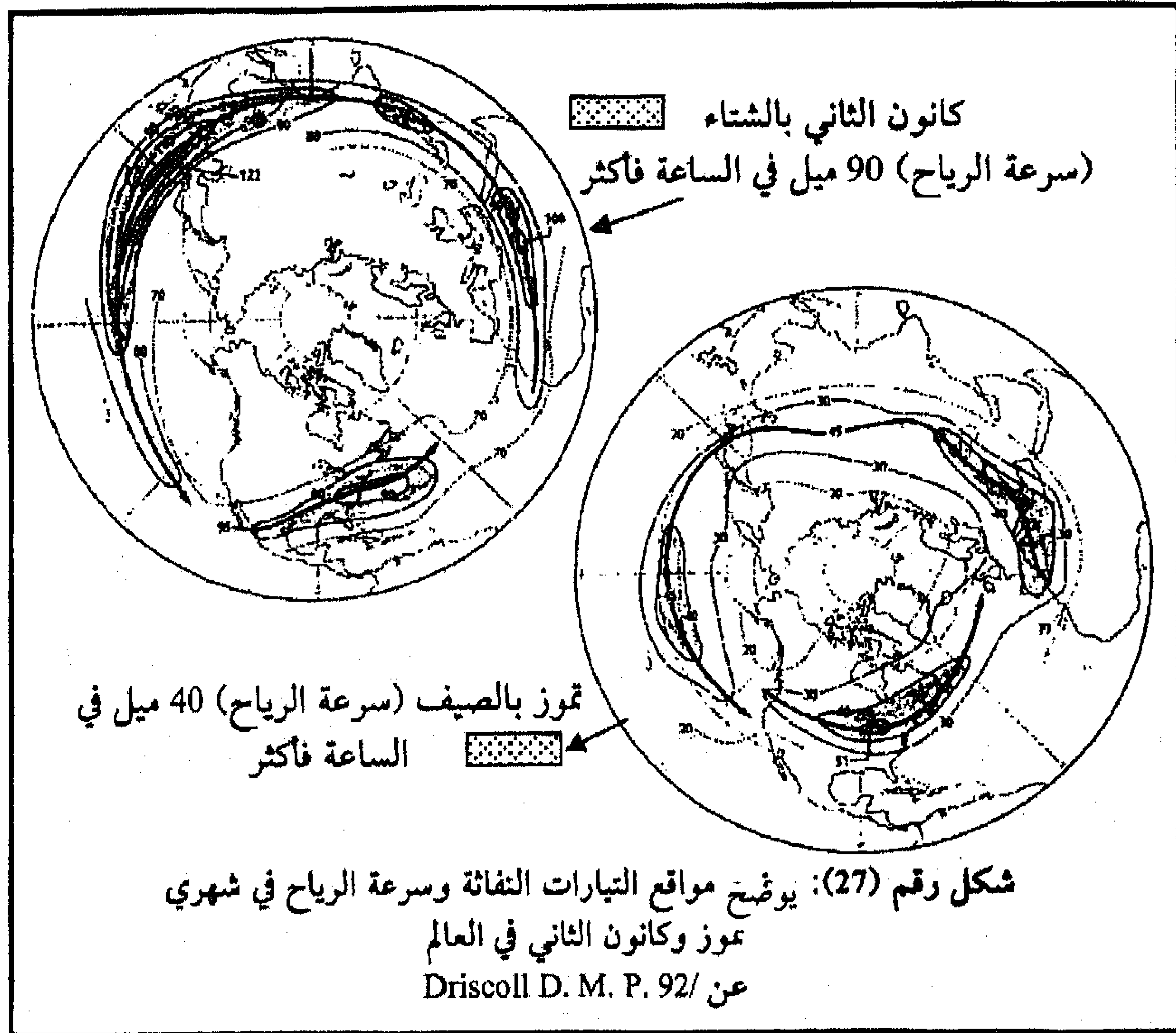
---

(1) د. حسن أبو العينين، المرجع نفسه، ص 192-194.

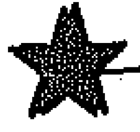
(2) Driscoll, D. M. and J. F. Griffiths; Survey of Climatology, London, 1982, PP. 51-78.



يقصد بالتيارات النفاثة أنه عبارة عن مصطلح يطلق على نطاق طولي من الرياح العليا الشديدة السرعة، بحيث تتجاوز سرعة بعضها إلى نحو 385 كم بالساعة. ويزيد سمك التيار النفاث هذا عن 100 متر. كما يتراوح عرضه ما بين 500-700 كم. ويقترن ظهوره في السماء بنطاق طويل من السحب شديدة الارتفاع. ويتغير المستوى الذي توجد عليه التيارات النفاثة بين الصيف والشتاء. وحينما تزيد سرعتها عن 700 كم بالساعة تشكل خطراً كبيراً على الطيران المنخفض أثناء الليل. ويوجد في نصف الكرة الشمالي عادةً تياران نفاثان رئيسان، يعرف الأول منهما بالتيار القطبي النفاث شبه المداري، ويتفق موقعه مع نطاق الضغط المداري المرتفع، حيث يتطابق طرفه الشمالي مع خط عرض 30° شمالاً.



شكل رقم (27): يوضح مواقع التيارات النفاثة وسرعة الرياح في شهري تموز وكانون الثاني في العالم
عن/ Driscoll D. M. P. 92

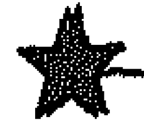


ومن أهم المناطق التي توجد بها التيارات النفاثة بوجه عام، هي المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض 30 و35 شمالاً وجنوباً، مما يشير إلى وجود علاقة قوية بين الموقع المفضل لتلك التيارات، وبين معدل انتقال الطاقة بين المناطق المدارية والقطبين. حيث يبلغ أقصاه عند دائرة العرض 35 شمالاً. ويلاحظ أن هذه التيارات النفاثة لا تظهر على الخرائط المناخية، لأنها تغير موقعها من يوم لآخر. ولأنه يوجد أكثر من تيار واحد في طبقة التروبوسفير، ويبدو أن التيارات النفاثة أقوى في الشتاء منها في الصيف، كما أن مساراتها في نصف الكرة الشمالي تتزحزح خلال فصل الشتاء باتجاه الجنوب، بحيث تصبح جبهات واسعة من حوض البحر المتوسط معرضةً لتلك التيارات الهوائية النفاثة. أما في فصل الصيف فإن تلك التيارات تضعف كثيراً، ويرتفع منسوبها عن سطح الأرض كما تتزحزح مساراتها شمالاً.

ولعل ذلك يعزى لمدى الفرق في درجة الحرارة بين المناطق المدارية والقطبية والذي يؤدي إلى تزايده شتاءً عما هو بالصيف.

ولهذا يلاحظ أن سرعة الرياح الجيوستروفية[1] في الشتاء على ضعف سرعتها بالصيف. وتختلف درجة الحرارة على جانبي التيار النفاث، حيث يوجد الهواء البارد على الجبهة القطبية من التيار، بينما يتجمع مع الجبهة المدارية هواء دافئ. وتتزحزح مواقع التيارات النفاثة نحو الجنوب في الشتاء، ونحو الشمال في فصل الصيف. وترتبط الاضطرابات الجوية السطحية مع التيارات النفاثة ارتباطاً وثيقاً. فموقع الجبهة القطبية Polar Front والتي تتكون على طولها الجبهات الجوية التي تتعرض لها المناطق المعتدلة والباردة ويرتبط موقعها بمواقع التيارات النفاثة.

(1) الرياح الجيوستروفية هي الرياح المرافقة للتيارات الهوائية النفاثة السريعة.



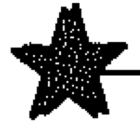
وإذا كان من غير الثابت أن التيارات النفاثة هي السبب الرئيس في تكـون ونشوء تلك المنخفضات فإنه من المؤكد أن تلك التيـارات تـتحكم لحـد كـبير في حركتها واتجاهاتها، وفي التعرجات التي تظهر في مساراتها أحياناً. وهي تؤثر على سقوط الأمطار وكثير من مظاهر الطقس الأخرى[1].

ولا يقتصر تأثير التيارات النفاثة على الظروف الجوية الأخـرى، وإنمـا لهـا تأثير كبير أيضاً على طرق الملاحة الجوية. فالطيارون يحاولون دائماً التحليق مـع اتجاهات تلك التيارات الهوائية، حيث يزيد ذلك من سـرعتهم ويـوفر استهلاك الوقود. فطول الرحلة عبر المحيط الأطلسي حينما تكون الطائرة مع مسـار التيـار النفاث تصل لهدفها بأقل من نصف الوقت المحدد لوصولها في العادة[2].

وبينما كانت تتضاعف سرعة القاذفات التي تسير في نفس اتجاههـا، فتـوفر كثيراً من وقتها ومنذ ذلك الحـين ازداد الاهتمـام بدراسـة هـذه التيـارات زيـادة كبيرة، وأمكن وضع خرائط مفصلة لتحديد ارتفاعاتهـا واتجاهـات سـيرها، ومـا يطرأ عليها من تغيرات فصلية. وقد اتضح أنها تسير على ارتفاع يتراوح مـا بـين 1800-2700متر فوق سطح البحر. وأنها لا تسير في خطوط مستقيمة بل تتعرج كثيراً في سيرها. ويكون مستواها في فصل الصيف أعلى مـن مسـتواها في فصـل الشتاء. كما ظهر أن لها تـأثيراً علـى الأحـوال الجويـة عنـد سـطح الأرض، وأن بعض هوائها قد يدفع إلى الأسفل، فيساعد على تكون بعض الأعاصير العنيفة.

(1) د. حسن أبو العينين،نفس المرجع السابق.

(2) Palmen, E. and Newton, C. W.: OP. Cit, 1969.



ج. الرياح القطبية Polar Wind

وهي الرياح السائدة في المناطق القطبية، والتي تهب من نطاق الضغط القطبي المرتفع، باتجاه نطاق الضغط الجوي شبه القطبي المنخفض. وتنحرف هذه الرياح لتصبح رياحاً شمالية شرقية إلى شرقية في نصف الكرة الشمالي، وجنوبية شرقية إلى شرقية في نصفها الجنوبي. وتتسم بأنها رياح باردة وقليلة الرطوبة.

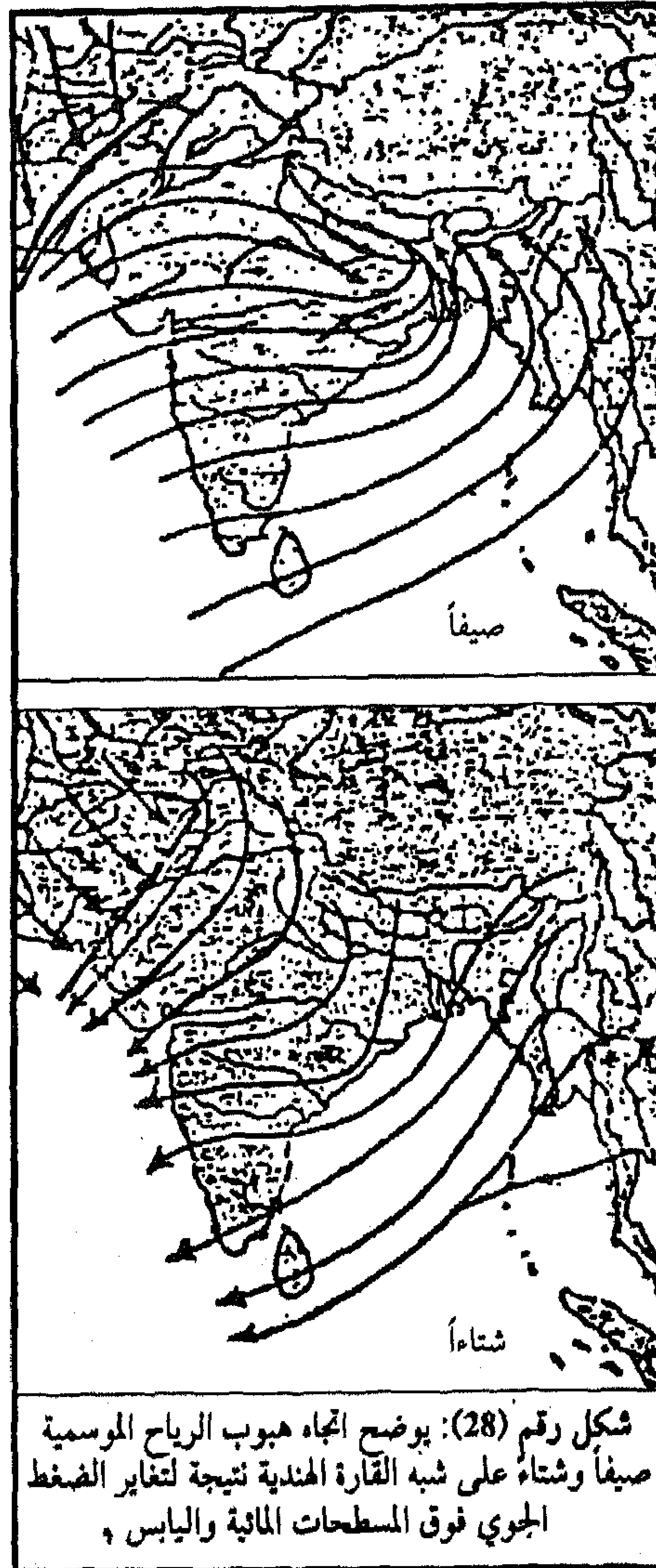
الرياح الموسمية The Monsoon wind

تُعتبر الرياح الموسمية نتيجة مباشرة للتباين الحراري بين الماء واليابس. وما يترتب عليه من تغير في الضغط الجوي من فصل لآخر. ويعزى سبب تكون هذه الظاهرة إلى اختلاف قابلية كل من اليابس والماء على اكتساب الحرارة وفقدانها.

وبالرغم من حدوث هذه الظاهرة في مناطق كثيرة من العالم، إلا أن أهم مناطق حدوثها هي منطقة جنوبي آسيا وشرقها لعدة أسباب منها:

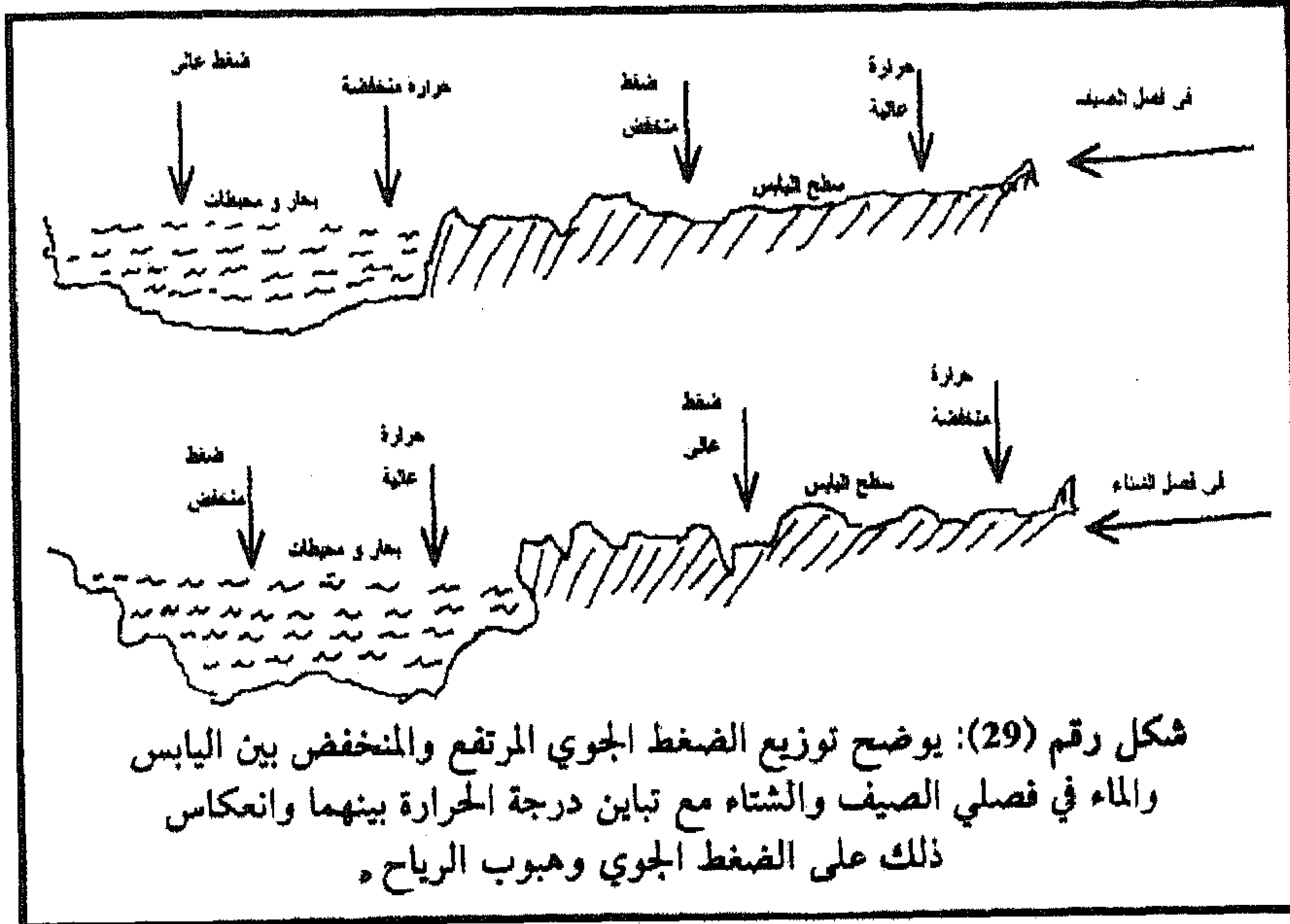
أ. اتساع القارة الآسيوية واتصالها بأوروبا، مما يساعد على زحزحة نطاق الضغط الاستوائي المنخفض في الصيف حتى درجة عرض (25-30) شمالاً.

ب. تجاور مساحة واسعة من اليابس مثل أوراسيا مع مساحة واسعة من المسطحات المائية كالمحيط الهادي والمحيط الهندي.



شكل رقم (28): يوضح اتجاه هبوب الرياح الموسمية صيفاً وشتاءً على شبه القارة الهندية نتيجة لتغاير الضغط الجوي فوق المسطحات المائية واليابس.

ج. اتساع مساحة اليابس مما يؤدي إلى تشكيل خلايا من الضغط الجوي المنخفض في فصل الصيف فوق مناطق واسعة، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة جذب الرياح الموسمية من مناطق الضغط الجوي المرتفع المتركزة فوق المسطحات المائية. وتسمى هذه الرياح بالموسمية نتيجة تغير اتجاهها بين الصيف والشتاء.



شكل رقم (29): يوضح توزيع الضغط الجوي المرتفع والمنخفض بين اليابس والماء في فصلي الصيف والشتاء مع تباين درجة الحرارة بينهما وانعكاس ذلك على الضغط الجوي وهبوب الرياح .

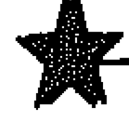
الرياح المحلية الدورية

وتنشأ الرياح المحلية عادةً عن النظم اليومية للرياح، والتي تتكون نتيجة لظروف محلية. حيث تشهد المناطق الساحلية تغيراً يومياً في اتجاه الرياح، بسبب نسيم البر والبحر Land and Sea Breeze. كما تشهد المناطق الجبلية ظاهرة أخرى تدعى بنسيم الوادي والجبل.

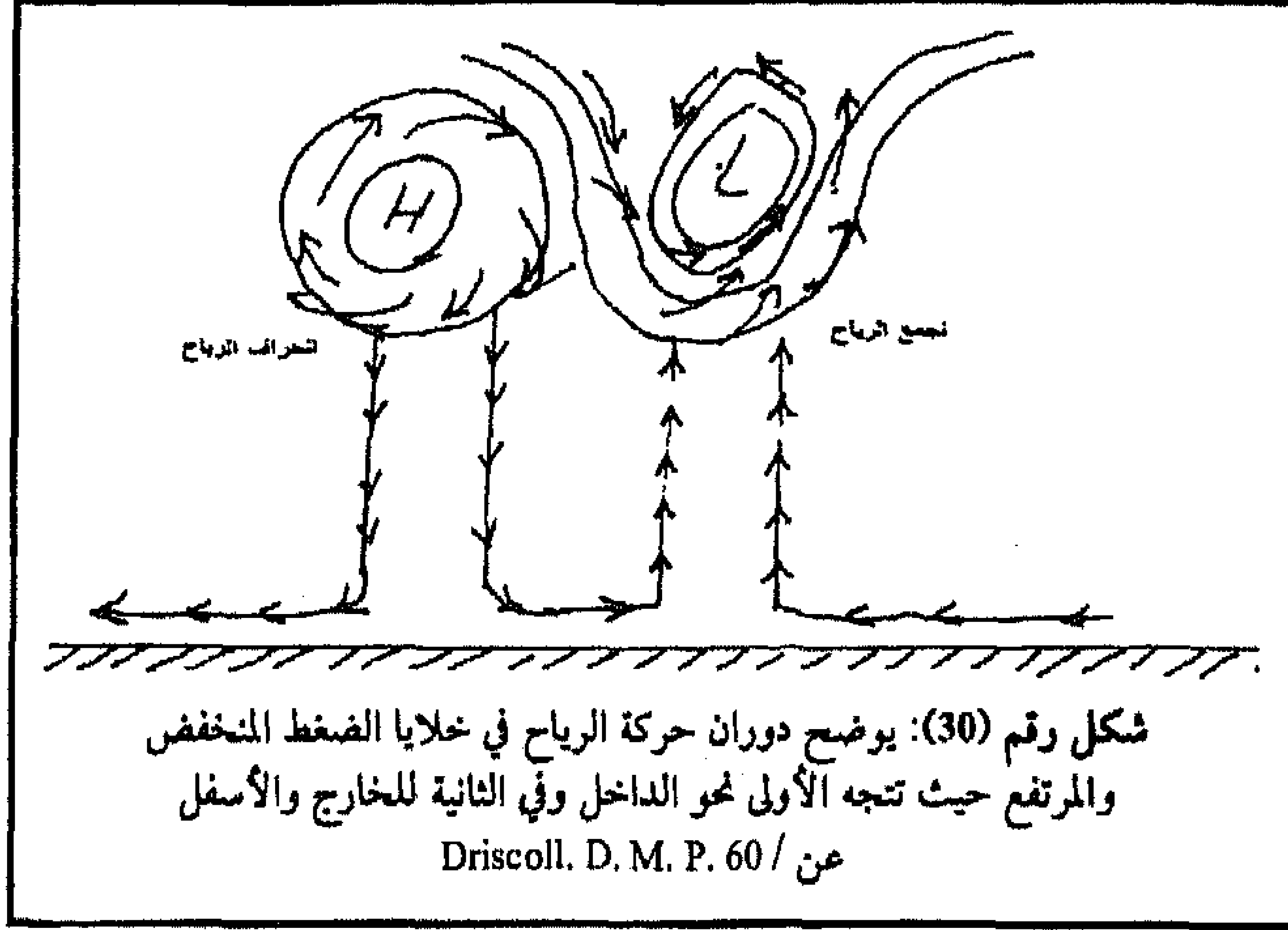
1. نسيم البر والبحر

وتحدث هذه الظاهرة نتيجة للتباين في درجة الحرارة، وبالتالي الضغط الجوي بين اليابس والبحر. وتكون درجة حرارة اليابس في النهار أعلى والضغط الجوي أقل. فيتحرك الهواء من البحر إلى اليابس، ويدعى نسيم البحر. أما في الليل فيبرد سطح الأرض بسرعة ويصبح الضغط الجوي أعلى، فيتحرك الهواء من البر إلى البحر ويدعى نسيم البر.

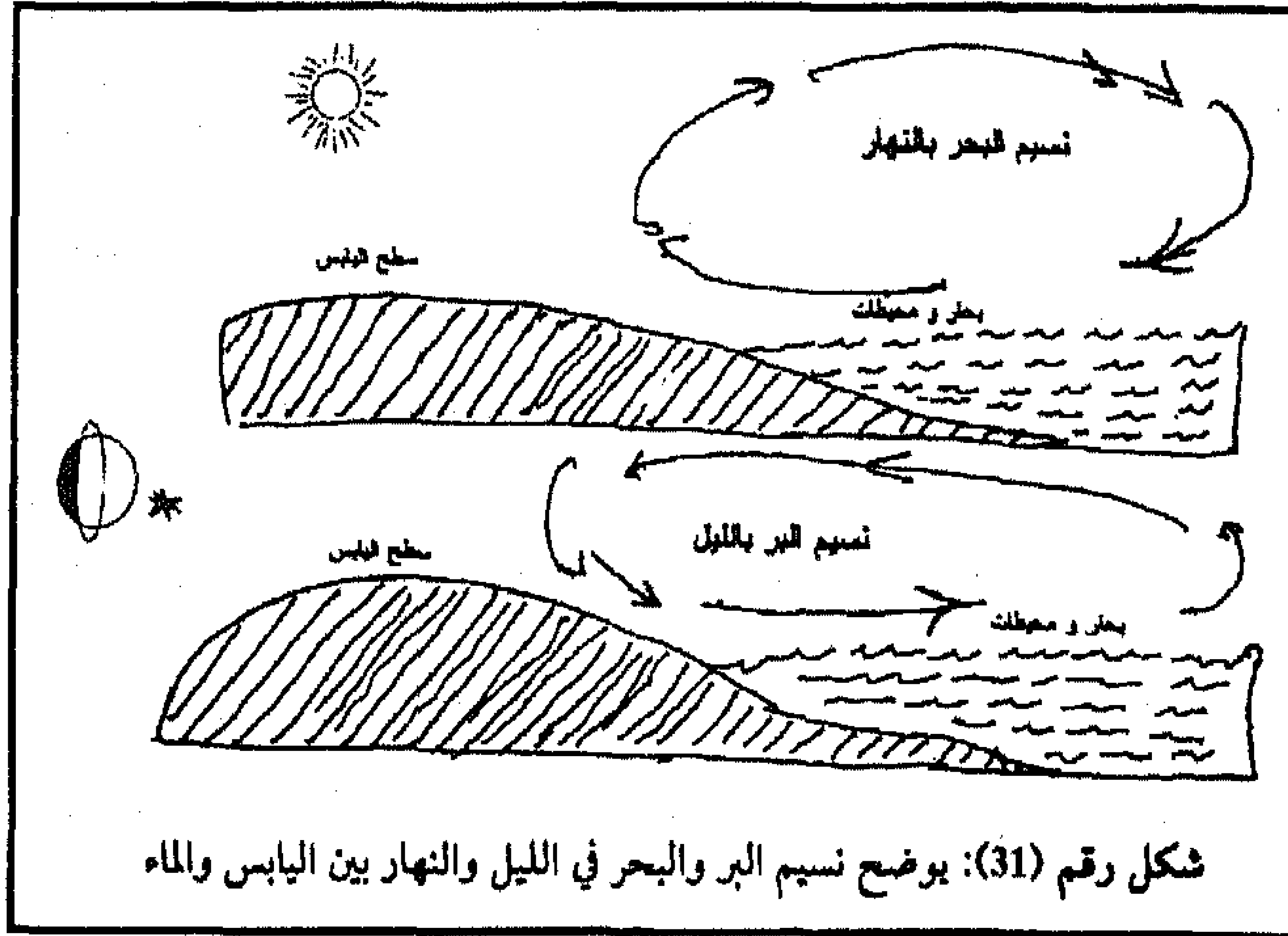
وتختلف المسافة التي يصل إليها نسيم البر، تبعاً لعدد من العوامل مثل



مساحة المسطح المائي وطبيعة الساحل، واتجاه الرياح السائدة والمدى اليومي لدرجة الحرارة، ونسبة تغطية السماء بالسحب وغيرها من العوامل الأخرى. ويتراوح معدل تأثير نسيم البحر والبر في المناطق المعتدلة إلى مسافة تتراوح ما بين (15-50) كم، بينما يصل تأثيرهما في المناطق المدارية أكثر من (60) كم[1].



شكل رقم (30): يوضح دوران حركة الرياح في خلايا الضغط المنخفض والمرتفع حيث تتجه الأولى نحو الداخل وفي الثانية للخارج والأسفل
عن / Driscoll. D. M. P. 60

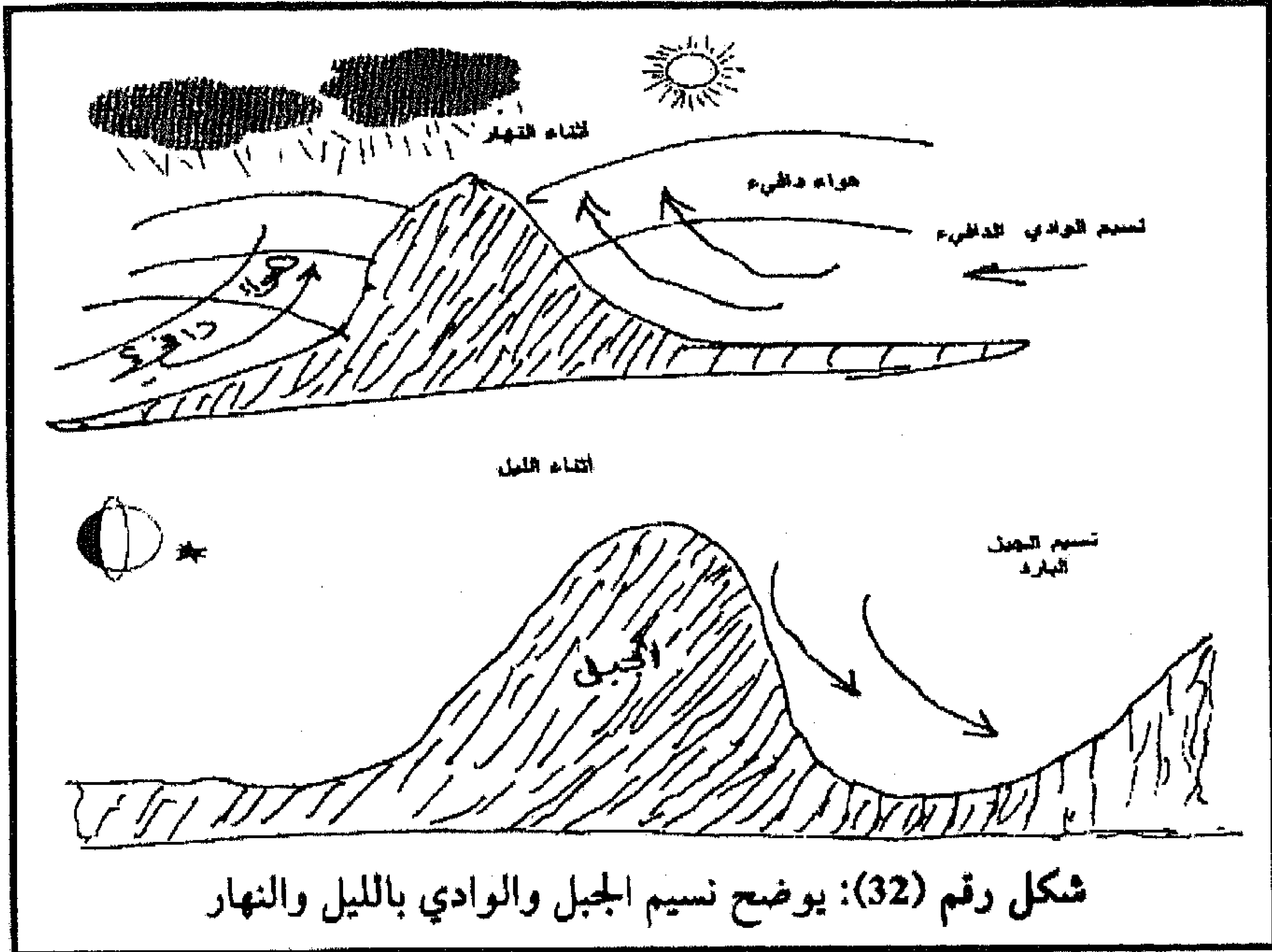


شكل رقم (31): يوضح نسيم البر والبحر في الليل والنهار بين اليابس والماء

2. نسيم الوادي والجبل

(1) Simpson, J.; The Sea Breeze, Cambridge University Press, 1994, PP. 11-25, 31-82.

في المناطق الجبلية تزيد حرارة السفوح المواجهة للأشعة الشمسية أكثر من قيعان الأودية. مما يؤدي إلى تمدد الهواء وارتفاعه إلى أعلى. فيتحرك الهواء الساخن من قيعان الأودية ليحل محل الهواء الذي سخن وتمدد وارتفع إلى الأعلى على شكل نسيم وادي أو رياح سطحية صاعدة.



شكل رقم (32): يوضح نسيم الجبل والوادي بالليل والنهار

أما في الليل، فيحدث العكس حيث تنخفض درجة حرارة السفوح والمناطق الجبلية أكثر من قيعان الأودية. لذلك يهبط الهواء من السفوح إلى قيعان الأودية كهواء بارد، وتدعى هذه الظاهرة بنسيم الجبل أو الرياح السطحية الهابطة ليلاً.

الرياح المحلية المرافقة للمنخفضات الجوية

1. الرياح المحلية الباردة.
2. الرياح المحلية الدافئة.

3. الرياح المحلية الحارة.

1. الرياح المحلية الباردة

وأهم أنواعها هي:

أ. رياح المسترال، The Mistral Wind.

ب. رياح البورا، The Polar Wind.

ج. الرياح الشمالية، The Northern Wind.

د. رياح الترامونتارا، Ultramontara Wind.

أ. رياح المسترال: وهي رياح شديدة البرودة، وتهب في فصل الشتاء من أواسط فرنسا نحو الجنوب على طول وادي الرون. وتندفع بسرعة تتراوح في المتوسط ما بين (55-65) كم بالساعة. ويرجع سبب هبوبها إلى مرور الانخفاضات الجوية على الحوض الغربي للبحر المتوسط. مما يؤدي إلى جذبها من داخل القارة الأوروبية، وبسبب عدم وجود الحواجز الجبلية تضطر الرياح إلى البحث عن منفذ تسلكه، فتجد أمامها وادي الرون. إذ تندفع بسرعة كبيرة على طوله، مما يجعلها ذات تأثير سيء على المحاصيل الزراعية في تلك المنطقة. فقامت الحكومة الفرنسية بزراعة أشرطة من الغابات على طول ساحل الريفييرا الفرنسية للحد من ضررها على تلك المحاصيل.

ب. رياح البورا **The Plar Wind**: وهي رياح شمالية باردة تشبه رياح المسترال لحد كبير. وتمثل منطقة نفوذها حوض البحر المتوسط. فحينما تهب في فصل الشتاء على منطقة البحر الأدرياتيكي، ويكون اتجاهها شمالياً، فتعبر جبال الألب الدينارية، فتنزلق على سفوحها الغربية. حيث ترتفع درجة حرارتها نسبياً نتيجة انضغاطها على سفوح تلك الجبال،

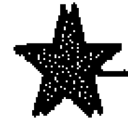


وتكتسب صفة رياح الفهن الدافئة.

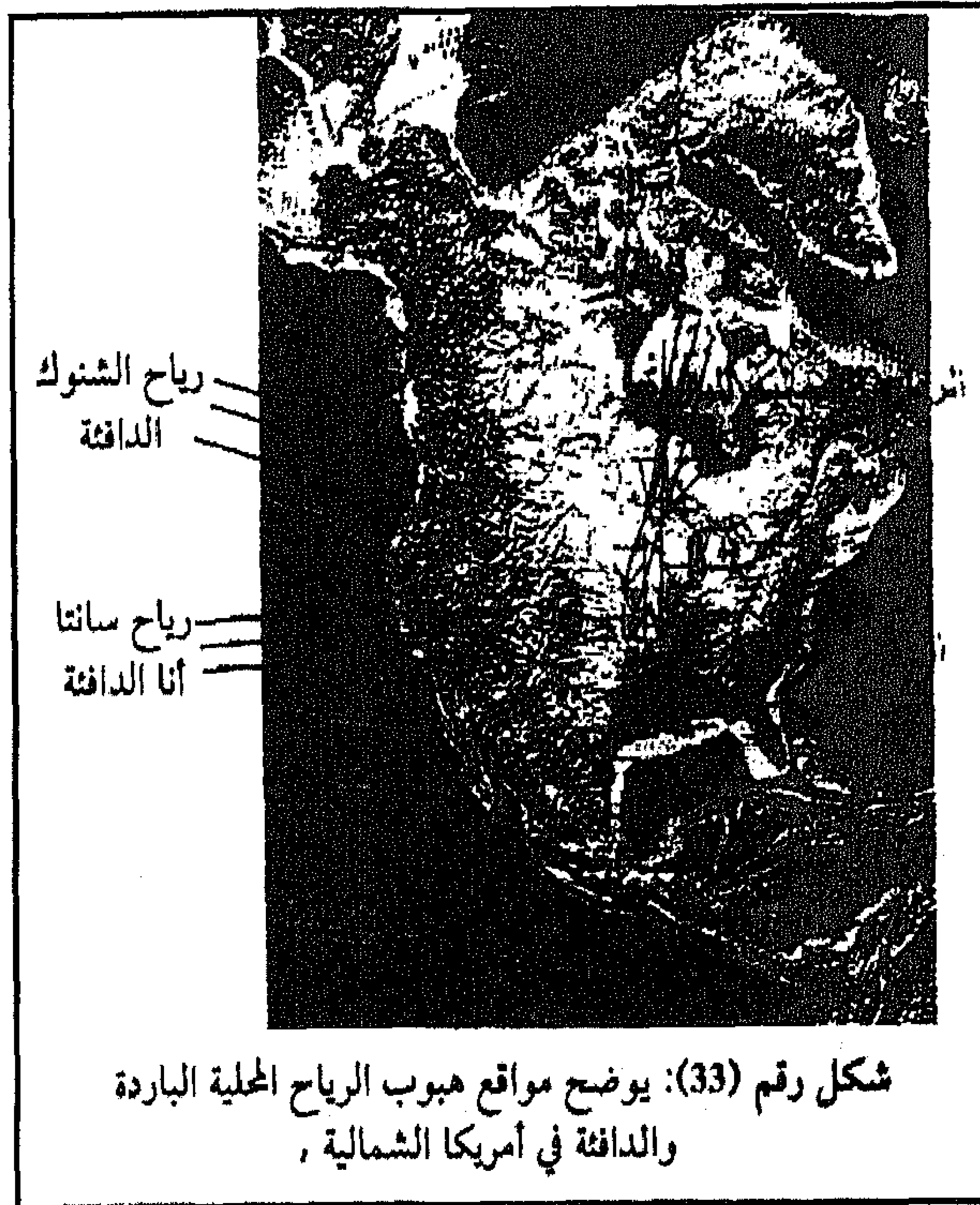
ج. الرياح الشمالية **The Northern Wind**: تهب هذه الرياح الباردة والجافة فوق القسمين الأوسط والجنوبي من الولايات المتحدة الأمريكية. وتصل مؤثراتها الطقسية أحياناً إلى سواحل خليج المكسيك وجزر الكاريبي. وهي عبارة عن رياح محلية شمالية قوية باردة، تهب نحو مؤخرة المنخفضات الجوية أثناء فصل الشتاء. ويساعد على هبوبها انسياب أضداد الأعاصير القطبية Polar Anti Cyclones نحو الجنوب، واقترابها من مناطق المنخفضات الجوية في العروض المعتدلة. ويرافق قدوم هذه الرياح الباردة الشمالية انخفاض سريع في درجة حرارة الهواء، حيث تنخفض ما بين 20 إلى 30 ف خلال ساعة واحدة، ثم يتساقط المطر والثلج معاً. وعندما تصبح هذه الرياح شديدة البرودة بصورة أكبر في سهول البراري الأمريكية وولاية تكساس، يطلق عليها الموجات القارسة البرودة Cold Waves، الأمر الذي يؤدي لحدوث الصقيع في تلك المناطق، وما ينجم عنه من تدمير للمحاصيل الزراعية خاصة الخضراوات والحمضيات القائمة في سهول شبه جزيرة فلوريدا وخليج المكسيك وحوض نهر ريوجراند[1].

د. رياحا لترامونتارا Ultramontara: وهي نوع من أنواع الرياح الباردة، حيث تهب من جبال البرانس الواقعة بين فرنسا وإسبانيا، نحو منطقة الضغط المنخفض الذي تشكل فوق اليابس الإسباني الجنوبي، وتحمل معها الصفات المناخية الباردة والجافة من المنطقة المرتفعة الشمالية، وتؤثر

(1) د. علي احميدان، جغرافية الأميركيتين، جامعة الإمام محمد الإسلامية، الرياض، 1979 م.



سلباً على المحاصيل الزراعية في تلك المنطقة من جنوب إسبانيا.



شكل رقم (33): يوضح مواقع هبوب الرياح المحلية الباردة والدافئة في أمريكا الشمالية ،

2. الرياح المحلية الدافئة

ومن أهم أنواعها ما يلي:

أ. رياح الفهن، Fohn.

ب. رياح الشنوك، Chinook.

ج. رياح سانتا أنا، Santa Anna.

د. رياح الثلج في جنوب إسبانيا.

هـ. رياح النور وستر، Al-Nor Wester .

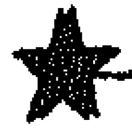
أ. رياح الفهن: وتهب على المنحدرات الشمالية لجبال الألب في أوروبا خاصة في سويسرا وألمانيا. وهي رياح دافئة جافة، ويعزى سبب هبوبها



حينما يتواجد مرتفع جوي في منطقة سهل لومباردي، ثم يمر منخفض جوي فوق وسط أوروبا من الغرب إلى الشرق. ويؤدي هذا إلى اندفاع الهواء من الضغط الجوي المرتفع نحو الضغط المنخفض. ويضطر هذا الهواء إلى عبور مرتفعات الألب، فيصعد على المنحدرات الجنوبية، وبالتالي تنخفض حرارته ويحدث تكاثف. فتسقط الأمطار على تلك السفوح، ثم يبدأ الهواء في الهبوط على المنحدرات الشمالية ويؤدي هبوطه إلى تسخينه وارتفاع حرارته. هذا بالإضافة إلى الحرارة الكامنة التي تضاف إلى الهواء نتيجة لعملية التكاثف. لذلك يصبح هذا الهواء دفيئاً وجافاً في آنٍ واحد.

وقد ترتفع درجة الحرارة في الجهات التي تتأثر برياح الفهن Fohn إلى نحو (16)م، غير أن هذا الارتفاع في درجة الحرارة لا تكون له آثار سيئة مثل رياح الخماسين أو السيروكو. إذ أن السكان في وسط أوروبا يرحبون عادةً بوصول رياح الفهن، حيث تعمل على إذابة الثلوج، فيستفاد منها في نضج بعض المحاصيل في جنوب ألمانيا تعمل على إذابة الثلوج، فيستفاد منها في نضج بعض المحاصيل في جنوب ألمانيا والنمسا كالتفاح والكمثري. غير أنه يسبب جفافها قد تؤدي إلى حدوث حرائق في الغابات، الأمر الذي يسهم في زيادة جفاف الأشجار.

ب. رياح الشنوك: وهي تشبه رياح الفهن، وتهب في فصلي الشتاء والربيع من المحيط الهادي نحو غرب أمريكا الشمالية، فتعترضها جبال الروكي الصخرية، ويضطر الهواء إلى الصعود على السفوح الغربية للمرتفعات، ثم الانحدار بشدة على سفوحها الشرقية. وتعني كلمة شنوك آكلة الثلوج



باللغة الهندية. إذ أن هذه الرياح تعمل على رفع درجة الحرارة، وبالتالي إذابة الثلوج. وكذلك نضج بعض المحاصيل الزراعية في براري كندا والولايات المتحدة كالقمح الربيعي[1].

ج. رياح سانتا أنا: وهي نوع أخر من أنواع هذه الرياح الدافئة. وتهب على جنوب كاليفورنيا في فصلي الشتاء والربيع عندما يوجد ضغط مرتفع إلى الشرق من المرتفعات الغربية، فتخرج منه الرياح وتعبر المرتفعات لشبه الجزيرة، وعند انحدارها تنضغط وتسخن وتهبط إلى الساحل الغربي رياح دافئة وجافة.

د. رياح الثلج Snow Eater: وهي نوع من أنواع الرياح المحلية الدافئة، حيث تهبط من مرتفعات سيرانيفادا فتنضغط وترتفع درجة حرارتها في المنطقة الجنوبية من إسبانيا، مما يساهم في إذابة الثلوج حينما تنحدر صوب المنطقة التي تشكلت فيها المنخفضات الجوية من جنوب إسبانيا.

هـ. رياح النوروستر Nor Western: وهي نوع من أنواع الرياح المحلية الدفيئة تهب على المرتفعات النيوزيلندية، وتنضغط حين هبوطها للمناطق السهلية، فترتفع درجة حرارتها نسبياً، وتشبه رياح الفهن والشنوك تقريباً في الظروف المسببة لها والآثار الناجمة عنها.

3. الرياح المحلية الحارة

ومن أهم أنواعها ما يلي:

أ. رياح الخماسين.

---

(1) Crichifield, H. H.; General Climatology, Englewood, Cliffs, N. Y.; Prentice – Hall, 1974, PP. 48-62.

ب. رياح السيروكو والسولانو.

ج. رياح الهرمطان والهبوب.

د. رياح الجبلي في طرابلس الغرب.

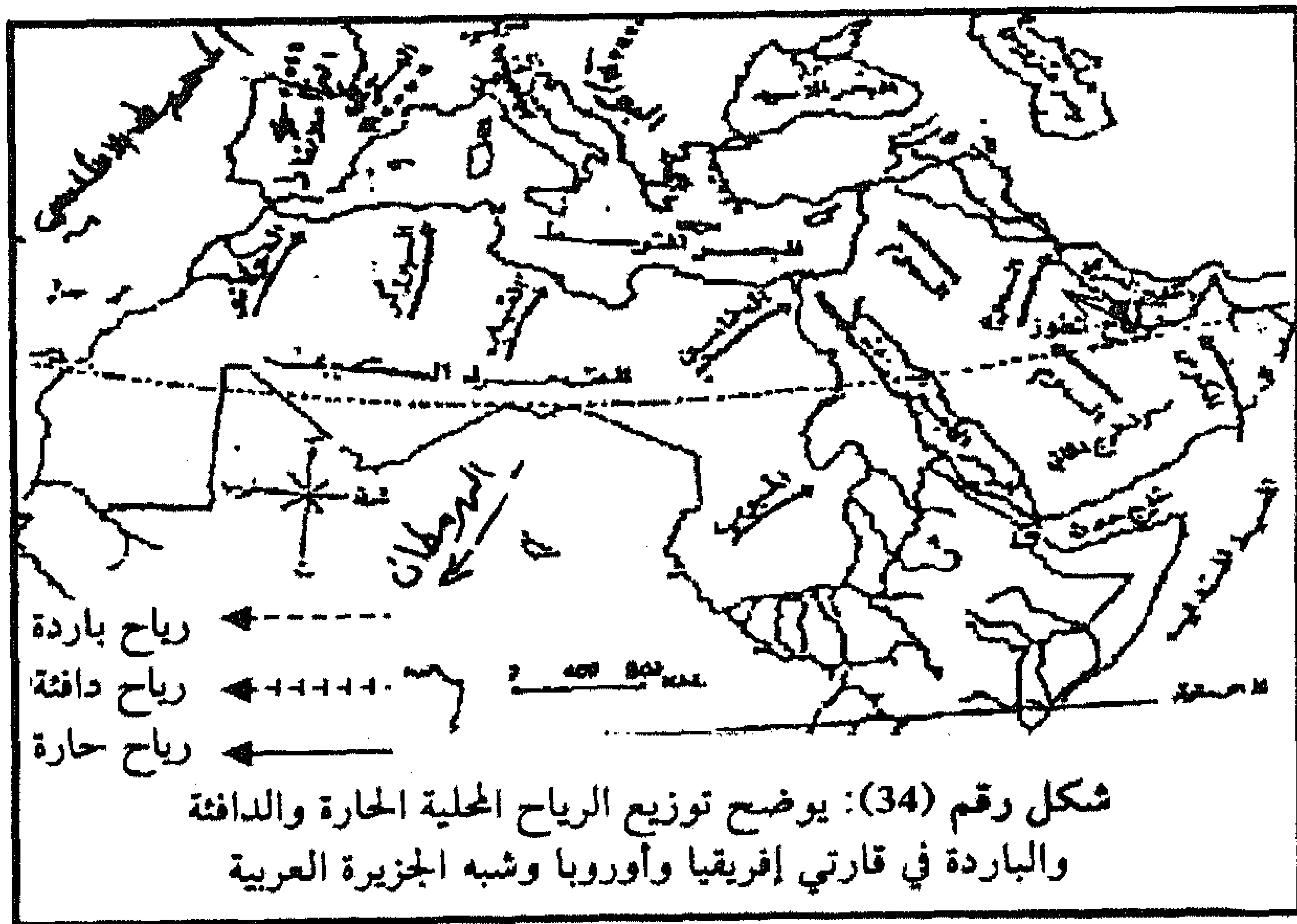
هـ. رياح لافيش.

و. رياح البريكفيلدرز.

ز. رياح الزوندا.

ح. رياح الطوز.

أ. رياح الخماسين: تهب هذه الرياح الحارة على شمال مصر من الجهات الصحراوية الجنوبية أثناء شهر شباط، حاملةً معها الرمال والحرارة الشديدة. ويعزى سبب هبوبها إلى مرور انخفاضات جوية آتية من الغرب، ويتجه بعضها في سيره على طول ساحل البحر المتوسط الجنوبي. وهناك نوع آخر من هذه الرياح يهب في شهري نيسان وأيار على طول الصحراء الليبية، مما يكون له آثار سيئة على النباتات خاصة في المناطق الزراعية التي تمر عنها في مصر. حيث تتعرض مثل تلك المزروعات الحساسة للتلف، والذي ينجم عن انخفاض الرطوبة النسبية انخفاضاً واضحاً دون المعدل المعتاد. وقد سميت بالخماسين لأنها تدوم لمدة خمسين يوماً تقريباً.



شكل رقم (34): يوضح توزيع الرياح المحلية الحارة والدافئة والباردة في قارتي إفريقيا وأوروبا وشبه الجزيرة العربية

ب. رياح السيروكو والسولانو: وتهب رياح السيروكو (الشرقية) من شمال إفريقيا إلى صقلية وجنوب إيطاليا واليونان. وتتصف بأنها رياح شديدة العنف. ويساعد على شدتها التغير السريع في الضغط الجوي من الجنوب إلى الشمال. وتعمل هذه الرياح على رفع درجة الحرارة في كثير من المناطق التي تهب عليها، وخاصة في فصل الربيع. كما أنها تتميز بالرطوبة العالية لأنها تحمل معها بخار الماء أثناء مرورها فوق البحر المتوسط، مما يؤدي إلى مضايقة الإنسان بسبب ترافق الحرارة مع الرطوبة. كما أن لها آثاراً سيئة على النباتات. فكثير من أشجار الفاكهة التي يشتهر بها إقليم البحر المتوسط يتلف بسببها.

أما رياح السولانو: فهي رياح حارة شأنها في ذلك شان رياح السيروكو الآنفة الذكر. وتهب على جنوب إسبانيا وخاصة منطقة جبل طارق[1].

---

(1) Ibid.



ج. رياح الهرمطان والهبوب: وتهب رياح الهرمطان المحلية الحارة من الصحراء الكبرى في فصلي الشتاء والربيع نحو ساحل غانا وإفريقية الغربية حاملةً معها الرمال. ويعزى سبب هبوبها إلى التباين بين الضغط المرتفع فوق الصحراء الكبرى شتاءً وبين الضغط المنخفض الاستوائي. وتؤثر هذه الرياح على زراعة القطن في شمال نيجيريا. لذلك يعمد السكان إلى زراعة أشجار نخيل الزيت للحد من ضررها.

أما رياح الهبوب، فرياح شبيهة بالهرمطان حيث تهب على شمال وأواسط السودان صيفاً، ويرجع هبوبها إلى ارتفاع درجة حرارة اليابس ارتفاعاً كبيراً خلال هذا الفصل. مما يؤدي إلى تكون مناطق ضغط منخفض محلية، ينخفض فيها الضغط انخفاضاً شديداً فيؤدي على حدوث تيارات هوائية صاعدة محملة بالأتربة. وفي نفس الوقت تعمل الرياح الجنوبية على تجمع الأتربة في تلك المناطق المتفرقة، ورفعها على هيئة سحب هائلة من التراب خاصة قرب مدينة الخرطوم.

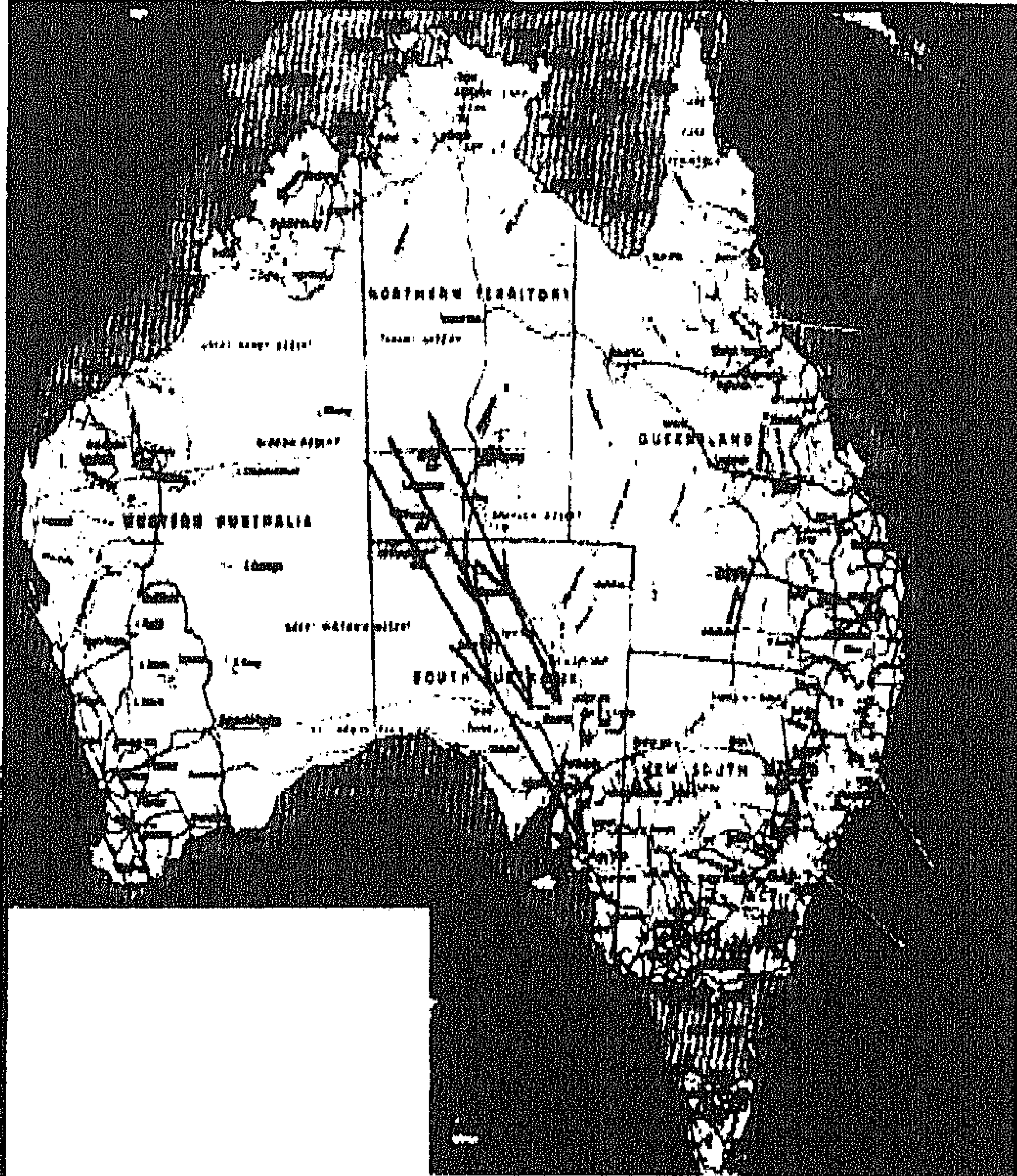
د. رياح الجبلي في طرابلس الغرب: وتهب هذه الرياح من الجبل الغربي لمدينة طرابلس حيث ترفع درجة الحرارة السائدة فوق معدلها العام إلى أكثر من (10) مئوية. أي تصل درجة الحرارة أثناءها إلى نحو (45) مئوي في شهري أيار وحزيران. وقد بلغت في 19 حزيران عام 1995م نحو 54 مئوية في مدينة زوارة على ساحل البحر المتوسط[1].

هـ. رياح لافيش: وهي نوع من أنواع الرياح الحارة التي تهب من الصحراء

(1) علي احيدان، جغرافية ليبيا الإقليمية، محاضرات في كلية الآداب بزوارة، جامعة السابع من أبريل، 1993-1995.

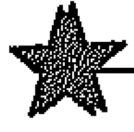
الكبرى على الأجزاء الجنوبية من إسبانيا، قادمةً من الجنوب الشرقي نحو جبل طارق.

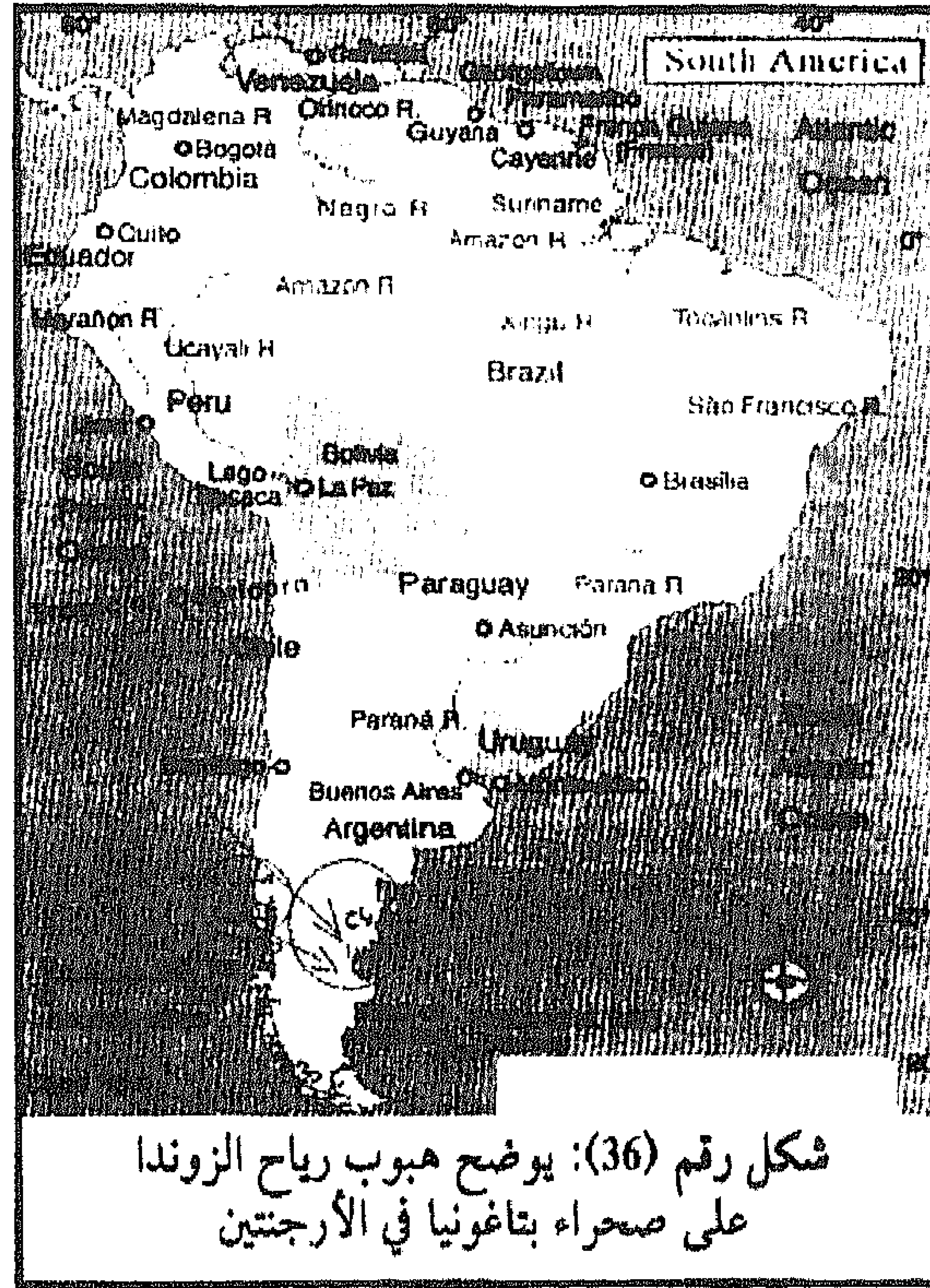
و. رياح البريكفيلدرز: وهي رياح حارة محلية تهب على جنوب استراليا في فصلي الربيع والصيف، حيث تهب من صحراء استراليا في الشمال حاملةً الرمال والغبار مع الحرارة العالية لتلك الأنحاء من القارة.



شكل رقم (35): يوضح هبوب رياح البريكفيلدرز الحارة القادمة من الصحراء الاسترالية اتجاه المناطق المعمورة في جنوبها

ز. رياح الزوندا: وهي رياح محلية حارة تهب على إقليم بتاغونيا Batagonia جنوب الأرجنتين.





شكل رقم (36): يوضح هبوب رياح الزوندا
على صحراء بتاغونيا في الأرجنتين

ح. رياح الطوز: وهي رياح محلية حارة مغبرة تهب على ساحل الخليج العربي الغربي وتوقف حركة وسائط النقل بالكامل وتؤثر سلباً على المنشآت من طرق ومساكن ووسائل نقل والصحة العامة.

العوامل التي تؤثر في اتجاه الرياح وسرعتها

تهب الرياح من مراكز الضغط المرتفع إلى مراكز الضغط المنخفض، لتحل محل الهواء الصاعد إلى عند هذه المراكز الأخيرة[1]. وعليه، كان ينبغي أن تتجه الرياح مع الاتجاهات العامة لانحدار الضغط Pressure Gradient، إلا أن هناك

(1) د. حسن أبو العينين: مرجع سابق ذكره، ص 177.

عوامل تغير مع اتجاه الرياح، بحيث لا تجعلها تسير مع اتجاه الانحدارات العامة للضغط الجوي، ويمكن إيجازها فيما يلي:

1. حركة الأرض حول نفسها (الحركة المحورية).
2. قوة الاحتكاك، The Frictional Force.
3. تضاريس سطح الأرض، The Relief.
4. تحدر الضغط الجوي، Pressure Gradient.

1. حركة الأرض حول نفسها (الحركة المحورية)

تتأثر مسالك الرياح واتجاهاتها ببعض المؤثرات والعوامل الديناميكية Dynamic Factors، ومن بينها قوة الانحراف Deflective Force الناجمة عن دوران الأرض حول محورها. ويعرف هذا الأثر باسم قوة كوربوليس Coriolis. والمقصود بهذا التعبير هو التأثير الذي تحدثه كروية الأرض ودورانها حول نفسها على حركة الرياح مما يؤدي إلى انحرافها إلى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي، وإلى يساره في نصفها الجنوبي[1]. حسب قانون فرل كما سبق ذكره. ويلاحظ أن تأثير هذه القوة يكون معدوماً عند الدائرة الاستوائية، ولكن يزداد تأثيرها فيما وراء الدائرة الاستوائية في نصفي الكرة الأرضية حتى القطبين، ومن ثم لا يظهر الانحراف في اتجاه الرياح عند الدائرة الاستوائية نفسها، ولكن يمكن تحديد هذا الانحراف بعد عبور الرياح لهذه الدائرة[2].

2. قوة الاحتكاك:

يحدث احتكاك الرياح في الطبقات السفلى من التروبوسفير تبعاً

(1) د. عبد العزيز طريح شرف، مرجع سابق، ص 104.

(2) Ibid.



لانضغاط الرياح Stress of the Wind عند سطح الأرض. وقد تبين أن القوة الناجمة عن احتكاك الهواء بسطح الأرض تعمل في اتجاه مضاد لاتجاه هبوب الرياح، أي تقلل من سرعتها. ولكي تنساب الرياح في اتجاهها بصورة مستمرة، وأن تحافظ في نفس الوقت على سرعتها، "على الرغم من تقليل فعل الاحتكاك لسرعة الرياح" فإنه ينبعث من الرياح قوة ذاتية محركة لها تتولد عند بداية نشوء الرياح. وتساعد على تحريك الرياح من مراكز الضغط المرتفع إلى مراكز الضغط المنخفض. وتتجه هذه القوة المحركة في عكس اتجاه القوة الناجمة عن احتكاك الرياح لسطح الأرض. وعليه تعدل هذه القوة الذاتية لنشوء الرياح والمحركة لها، من قوة احتكاك الرياح بسطح الأرض والمعوقة لسرعتها.

كما يتضح أن خشونة سطح الأرض لها تأثير كبير على حركة الرياح، حيث يؤدي الاحتكاك إلى التقليل من سرعة الرياح واتجاهها، ويجعلها أقل انحرافاً إلى يمين اتجاهها. ويؤدي بها إلى أن تقطع خطوط الضغط المتساوي بزوايا أقرب إلى العمودية. فالزاوية التي تقطع بها الرياح خطوط الضغط الجوي فوق المسطحات المائية، تتراوح ما بين 10-20كم بينما تتراوح ما بين 20-40كم^2 فوق اليابسة.

3. تضرس سطح الأرض

تعرقل المرتفعات العالية انسياب الرياح القريبة من سطح الأرض، وتصطدم الرياح بالجبال العالية، وتصعد إلى أعلى الجبال حتى تتمكن من عبورها. وقد تبحث الرياح عن فتحات أو ممرات جبلية طبيعية، بحيث يمكن لها العبور منها، وتستمر الرياح في اتجاهها نحو مركز الضغط المنخفض. ولكن حينما تصعد الرياح أو تهبط يحدث تغير في درجة الحرارة وذلك بفعل التبريد أو التسخين الذاتي معاً تبعاً لانضغاط الهواء عند صعوده إلى أعلى أو هبوطه إلى



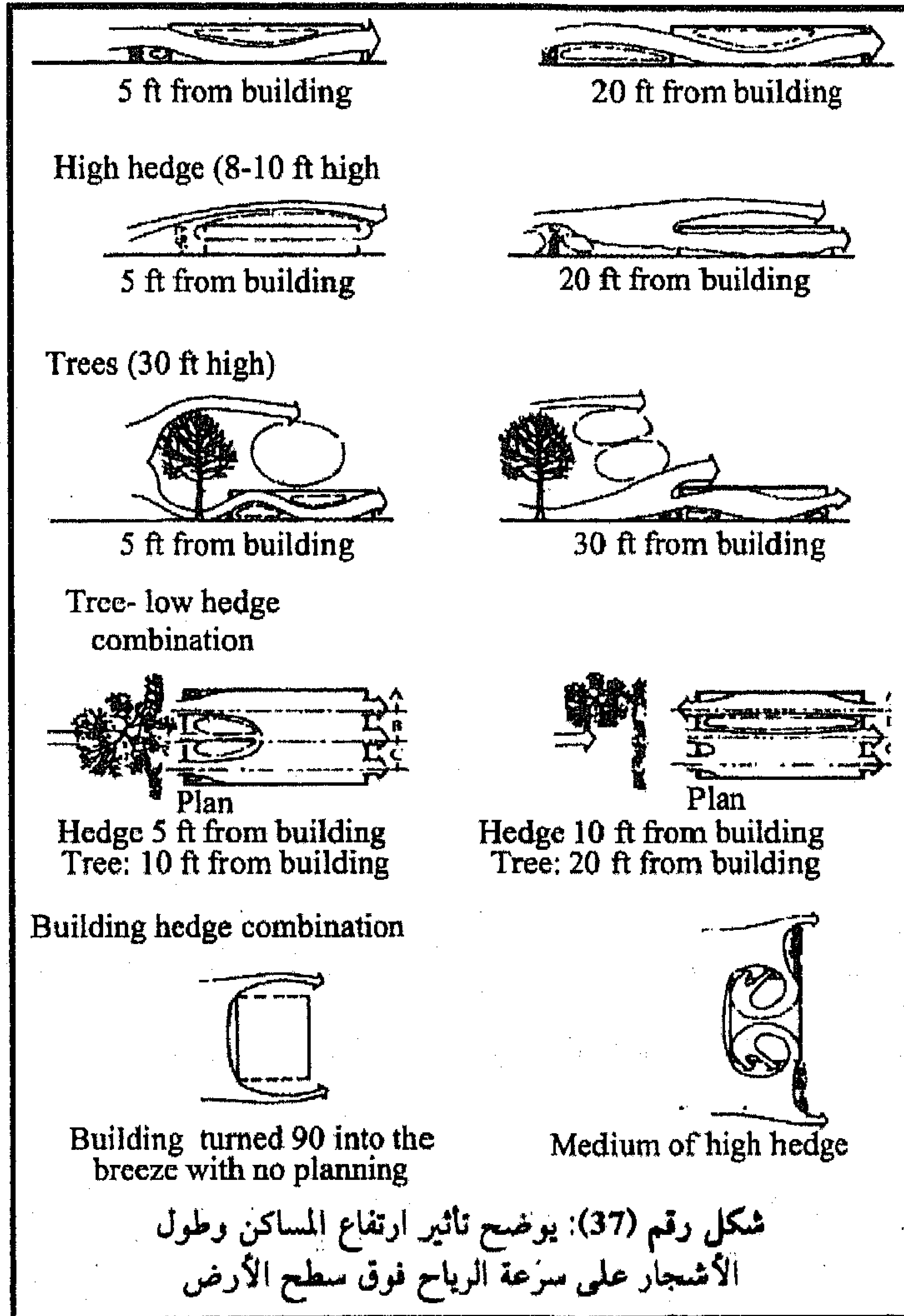
أسفل Adiabatic Heating and Cooling. وينتج عن ذلك تغير حالة الطقس، فعند تجمع الرياح Wind Convergence الغربية مثلاً ودخولها فتحات الممرات الجبلية ثم خروجها من الجانب الآخر، تتعرض للتشتت Divergence. وتصبح بعض الرياح غربية كما كانت، في حين يصبح بعضها الآخر رياحاً شمالية أو غربية أو جنوبية غربية. كما تكثر الدوامات الهوائية في الرياح وتضطرب حالتها Wind Turbulence.

قال تعالى: ﴿ وَمِنْ ءَايَٰتِهِۦٓ أَن يُرْسِلَ ٱلرِّيَاحَ مُبَشِّرَٰتٍ وَلِيُذِيقَكُم مِّن رَّحْمَتِهِۦ وَلِتَجْرِىَ ٱلْفُلْكُ بِأَمْرِهِۦ وَلِتَبْتَغُوا۟ مِن فَضْلِهِۦ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴾ الآية 46 سورة الروم.

هذا بالإضافة إلى تأثير المساكن في المدن، ووجود الأشجار على سرعة الرياح، وتقليل سرعتها بصورة أكثر من المناطق الخالية من هذه الحواجز، كالمسطحات المائية والجليدية أو الصحاري المدارية السهلية كما ذكر سابقاً.

4. تحدر الضغط الجوي

يحدث تحدر أو انحدار للضغط الجوي، عندما تكون قيم الضغط الجوي غير متساوية بين منطقتين متجاورتين. ويصبح التحدر شديداً إذا كانت خطوط الضغط الجوي متقاربة، وتزداد بذلك سرعة الرياح ولكن إذا كانت خطوط الضغط الجوي المتساوية متباعدة. فإن سرعة الرياح تقل تبعاً لذلك.



شكل رقم (37): يوضح تأثير ارتفاع المساكن وطول الأشجار على سرعة الرياح فوق سطح الأرض

الفصل الخامس

التبخر والرطوبة



الفصل الخامس

التبخر والرطوبة

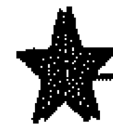
طرق قياس التبخر.

التبخر الكلي.

الرطوبة.

مقاييس الرطوبة.

التوزيع الجغرافي للرطوبة.



الفصل الخامس

التبخر والرطوبة

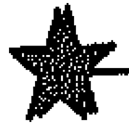
يمثل التبخر المصدر الرئيس لبخار الماء في الغلاف الجوي. وتعد المسطحات المائية والنباتات والتربة المصادر الرئيسة للرطوبة الموجودة في الهواء. حيث تتحول المياه من حالة السيولة إلى الحالة الغازية (بخار ماء)؛ عن طريق التبخر الذي يتم نتيجة الإشعاع الشمسي. إذ تقوم الرياح بنقل بخار الماء إلى الغلاف الغازي.

يتأثر معدل التبخر من المسطحات المائية بعدة عوامل أهمها:

1. الإشعاع الشمسي: وهو أهم العوامل المؤثرة في التبخر على الإطلاق. إذ أثبتت التجارب التي أجريت حتى الآن، أن الدور الذي يقوم به يفوق كثيراً الدور الذي يقوم به أي عامل آخر منفرد. ويتضح من هذه التجارب وجود علاقة طردية واضحة بين قسوة الإشعاع الشمسي والتبخر.

2. درجة الحرارة: فهي التي تحدد درجة حرارة السطح الذي يحدث منها التبخر. وحرارة هذا السطح هي التي تحدد بدورها سرعة انطلاق الجزيئات منه إلى الغلاف الغازي. وكما هو الحال بالنسبة للإشعاع الشمسي؛ فإن العلاقة بين درجة الحرارة والتبخر علاقة طردية واضحة. كما أن لدرجة الحرارة تأثيراً آخر غير مباشر، يحدث من خلال تأثيرها على الرطوبة النسبية للهواء، وهذه الرطوبة لها تأثير قوي على التبخر.

3. الرطوبة النسبية للهواء: يتناقص نشاط التبخر كلما اقتربت الرطوبة النسبية من حدها الأقصى وهو 100٪. بينما يكون أكثر ملاءمة لزيادة



التبخر حينما تهبط الرطوبة النسبية إلى 30٪ أو 40٪ مثلاً. ومن المعروف أن انخفاض درجة حرارة الهواء، تؤدي إلى زيادة رطوبته النسبية، بينما يؤدي ارتفاعها إلى نقص هذه الرطوبة. وهذا يفسر أحد الأسباب المهمة لتناقص التبخر عند انخفاض درجة الحرارة، وتزايده عند ارتفاعها.

4. الرياح: وكلما زادت سرعة الرياح كلما زادت معدلات التبخر، خاصة إذا كان السطح المائي صغيراً نسبياً[1].

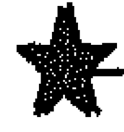
5. الأملاح: لقد اتضح أن تزايد الملوحة يؤدي إلى تناقص سرعة التبخر من المسطحات المائية، كما أن لعمق المياه أثراً كبيراً على عنصر التبخر، إذ كلما زاد العمق قل تأثير التبخر، والعكس كلما كانت المياه ضحلة كلما كان التبخر أقوى وأسرع.

6. الضغط الجوي: فمن البديهي أن ارتفاع الضغط الجوي، يعطل إلى حد ما سرعة انطلاق الجزيئات من الماء أو التربة إلى الجو، بينما يساعد انخفاضه على زيادة هذه السرعة، وبالتالي على زيادة نشاط التبخر. كما أن للضغط الجوي تأثيراً على قوة الرياح أو ضعفها، وهذا بدوره يؤثر على نشاط التبخر.

7. الخصائص الطبوغرافية للمنطقة: كخشونة السطح ونعومة التربة أو خشونتها، ورطوبة التربة أو جفافها. ووجود الغطاء النباتي أو عدمه أو وجود الغطاء الجليدي، وحماية التربة من التبخر. كما يؤثر لون التربة على عملية التبخر. فالتربة الداكنة تساعد على التبخر أكثر

---

(1) Barry, R. G.; and A. H, Perry: OP. Cit.



من التربة الفاتحة اللـون. وينشـط التبخـر في التربـة الناعمـة كالتربـة الطينية أكثـر منـه في التربـة الخشـنة، كمـا تحمـي النباتـات التربـة مـن التبخر ... الخ.

طرق قياس التبخر

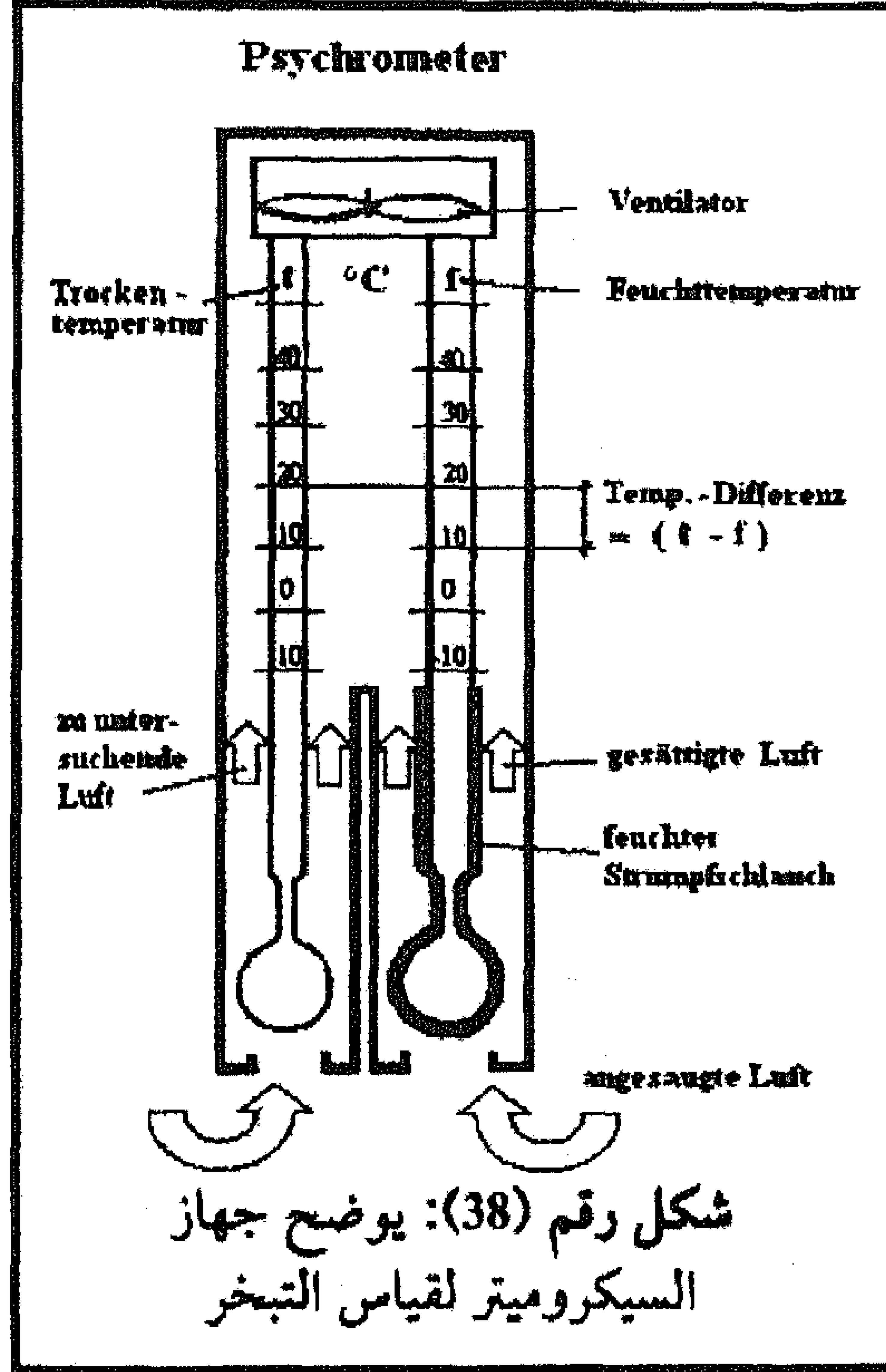
يقاس التبخر باستخدام وعـاء دائـري يتفـاوت قطـره مـن 4 إلى 6 أقـدام، ويتراوح عمقه من 10-12 بوصة. ويملأ الوعاء بالماء حتى أطرافه العليا، ثم يترك بالعراء متعرضاً للتبخر. ويقاس مـدى انخفـاض مسـتوى الميـاه في الوعـاء، وقـد يجري القياس عدة مرات في اليوم الواحد. وقد يقرأ القياس كل 24 ساعة لمعرفـة مقدار التبخر اليومي. ويلاحظ أن اختلاف حجم الوعاء ومـدى اتسـاع سـطحه ثم مكان وضعه، كلها عوامل قد تؤثر في سرعة التبخر أو بطئه.

هذا ويستخدم أيضاً جهاز آخر في محطات الرصد الجوي وهو جهاز بيشـي Piche لقياس التبخر. ويتركب هذا الجهاز من أنبوبة زجاجية مدرجـة، وتـنكس فتحتها السفلية فوق قرص من ورق النشـاف مثبـت بمشـبك معـدني يمنعـه مـن السقوط. ويجب أن يكون هذا القرص مبلل في الماء دائماً. وكلما تبخر المـاء مـن سطحه امتص غيره من الأنبوبة، وتصعد فقاعـات مـن الهـواء لتحـل محـل المـاء الناقص. وينتج عن استمرار عمليـات التبخـر، أن يتطـاير بخـار المـاء مـن ورقـة النشاف المبللة، ومن ثم ينخفض سـطح المـاء داخـل الأنبوبـة المدرجـة موضـحاً مقدار التبخر خلال وقت محدد.

ويدخل ناتج عملية النتح من النباتـات، في الحجـم الإجمـالي لبخـار المـاء المتبخر من سطح الأرض، والمتمثل في الجو. إذ تنطلق كميات عظيمـة جـداً مـن بخار الماء من خلال مسام أوراق جميع النباتات تقريباً. ويمكن تصور هـذا المقـدار إذا ما علمنا أن مقدار الماء الذي يخرج بواسطة النـتح Transpiration مـن عـود



واحد من الذرة[1] يزيد في اليوم الواحد عن 10 أرطال. ويحدث ذلك في الفترة التي يكون النبات فيها قد وصل إلى أوج نموه[2].



شكل رقم (38): يوضح جهاز السيكروميتر لقياس التبخر

التبخر الكلي Total Evaporation or Evaportanspiration

ويقصد بالتبخر الكلي، مجموع ما يضيع من مياه أية منطقة من المناطق نتيجة للتأثير المشترك للتبخر من سطح المياه والتربة والنتح من النباتات. وعليه، فإن بعض الباحثين يطلقون عليه ببساطة تعبير التبخر الكلي. أما تعبير

(1) بلغ مدار النتح من شجرة متوسط الحجم بنحو 12 لتراً في اليوم.

(2) Kraus, E. B.; OP Cit, 1972.

فقد استخدمه لأول مرة الأستاذ الأمريكي ثورنثوايت Evaportanspiration Thornthwaite عام 1948م. وكان قد تبين له كما اتضح لغيره من الباحثين، أن هذين العاملين؛ هما أهم عاملين يتحكمان في تحديد القيمة الفعلية للأمطار. وأنهما متلازمان دائماً في منطقة تنمو بها أية حياة نباتية.

وعليه، يستخدم الباحثون تعبير التبخر والنتح معاً، ليدل على المياه المفقودة بواسطة كل من هذين العاملين معاً. ويمكن حساب كمية الفاقد من المياه عنهما كما يلي:

ب ن = م - (ف + خ). حيث إن:

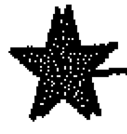
ب ن = الفاقد عن طريق التبخر والنتح معاً.

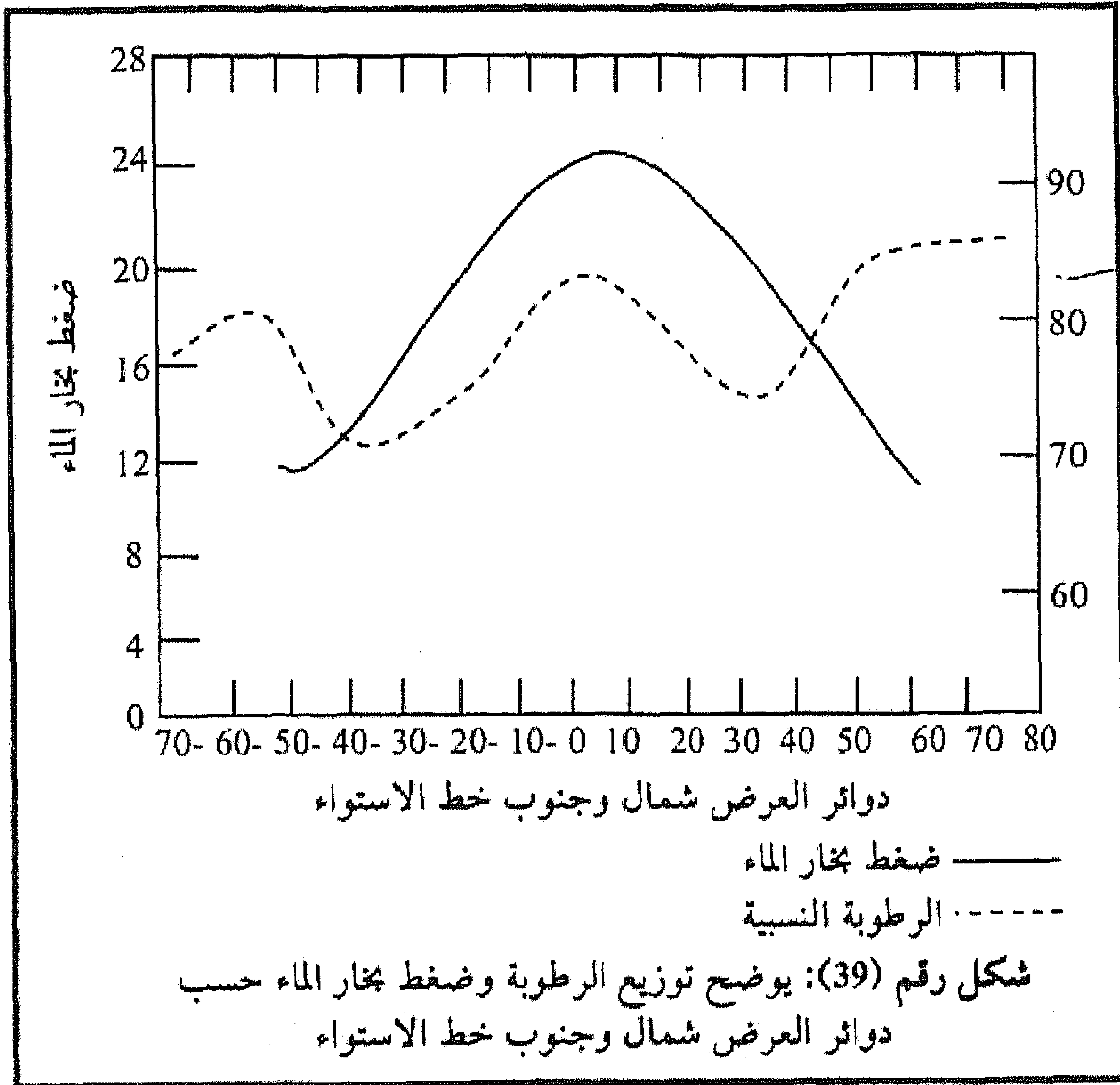
م = المكتسب من الأمطار.

ف = الفاقد عن طريق جريان المياه السطحية.

خ = المياه المخزونة في التربة.

وقد اتضح من دراسة التوزيع الجغرافي لمقدار البخر فوق سطح الأرض؛ أن التبخر يزيد فوق المسطحات المائية عنه بالنسبة لليابس. كما يشتد البخر عند المناطق الاستوائية (بفعل الهواء الساخن الرطب الصاعد في مناطق الركود الاستوائي أو الرهو الاستوائي، إلى جانب النتح من الغابات الاستوائية).

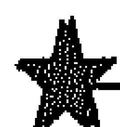




شكل رقم (39): يوضح توزيع الرطوبة وضغط بخار الماء حسب دوائر العرض شمال وجنوب خط الاستواء

وبوجه عام، تعد أعظم مناطق البخر فوق المسطحات المائية، هي التي تنحصر بين خطي عرض 10–20 شمالاً وجنوباً. بفعل تعامد الأشعة الشمسية. أما أقل مناطق سطح الأرض تعرضاً للبخر؛ فهي الواقعة إلى الشمال من خط عرض 50 شمالاً وجنوباً حتى القطبين. كما يقل البخر في النصف الجنوبي عنه بالنسبة لنصف الكرة الشمالي عند تلك العروض. ولكن بوجه عام يزيد البخر في نصف الكرة الجنوبي.

ويوضح الجدول التالي مقادير البخر الفعلي عند دوائر العرض المختلفة في نصفي الكرة الأرضية:



جدول رقم (4) يوضح مقادير التبخر عند دوائر العرض المختلفة في نصفي الكرة الأرضية

دوائر العرض	البخر في نصف الكرة الشمالي (بالبوصات)			البخر في نصف الكرة الجنوبي (بالبوصات)		
	اليابس	المحيطات	متوسط البحر	45.3 اليابس	المحيطات	متوسط البحر
60-50	14.2	15.7	15.0	7.9	9.1	8.8
50-40	13.0	27.6	20.1	19.7	22.8	22.8
40-30	15.0	37.8	28.0	20.1	35.0	33.5
30-20	19.7	45.3	35.8	16.1	44.1	39.0
20-10	31.1	47.2	42.6	35.4	47.2	44.5
صفر- 10	45.3	39.4	40.6	48.0	44.9	45.7

المصدر:

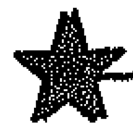
Trewartha, H. I; An Introduction to Climate, N. Y. 1986, P. 112.

الرطوبة Humidity

يقصد برطوبة الهواء أو الجو بخار الماء العالق به، ولا تزيد نسبة بخار الماء في هذا الغلاف الجوي في أية لحظة عن 0.01 من مقدار المياه الموجودة في النظام الأرضي. ويمكن التعبير عن الرطوبة بعدة وسائل أهمها:

1. الرطوبة المطلقة Absolute Humidity

وهي مقدار وزن بخار الماء في حجم معين من الهواء، أو عدد الغرامات التي تمثل وزن بخار الماء في متر مكعب من الهواء (وهو غرام لكل متر مكعب). ومما يقلل من أهميتها في الأغراض التطبيقية، هو أن الهواء قابل للتغير مثل التمدد والانضغاط. فعندما يسخن يتمدد ويزداد حجمه فتقل الرطوبة المطلقة، دون أن يطرأ أية زيادة على كمية بخار الماء الموجودة فيه. وعندما تنخفض درجة



حرارته، فإنه يتضاغط ويقل حجمه، فتزداد الرطوبة المطلقة، دون أن يكون قد اكتسب أية كمية من بخار الماء. وتعتمد الرطوبة المطلقة على درجة الحرارة[1].

أو بعبارة أخرى هي عبارة عن الكمية الحقيقية لبخار الماء الموجود في الهواء، مقاسة بعدد الغرامات في المتر المكعب من الهواء. وتصل الرطوبة المطلقة منتهاها في المناطق الاستوائية وتقل باتجاه القطبين، كما أنها تتأثر بوجود المسطحات المائية والغطاء النباتي.

2. الرطوبة النسبية Relative Humidity

وهي عبارة عن نسبة بخار الماء في الهواء، وهذه النسبة عبارة عن كمية بخار الماء الفعلية في الهواء، منسوب إلى كمية بخار الماء التي يستطيع الهواء، حملها تحت نفس درجة حرارته، أي بمعنى آخر هي طاقة الهواء على حمل بخار الماء. فمثلاً إذا كان الهواء في درجة حرارة 20 مئوية يستطيع حمل 10 غرامات من بخار الماء في المتر المكعب الواحد، علماً بأنه يمكن أن يحمل 8 غرامات من بخار الماء بنفس الحجم، فمعنى ذلك أن درجة تشبع الهواء هي:

$$\frac{8}{10} \times 100 = 80\%$$ الرطوبة النسبية تحت نفس درجة الحرارة

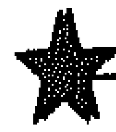
أما إذا ارتفعت درجة الحرارة فتنخفض الرطوبة النسبية، حيث تمثل العلاقة بين الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة علاقة عكسية وتزيد الرطوبة النسبية مع انخفاض درجة الحرارة.

3. ضغط بخار الماء Vapour Pressure

وهو الضغط الذي يسببه بخار الماء الموجود في الجو، وهو ضغط جزئي لا

---

(1) د. غلاب، المرجع نفسه.



يدخل فيه ضغط الهواء الجاف، أو ضغط أي غاز آخر من الغازات التي تدخل في تركيب الهواء. وهو يقاس بنفس الوحدات التي يقاس بها الضغط الجوي، وهي المليبار أو البوصة الزئبقية، أو السنتيمتر الزئبقي. ويبلغ ضغط بخار الماء أقصاه حينما يكون الهواء مشبعاً تماماً به. وتزداد قدرة الهواء على حمل المزيد من بخار الماء واستيعابه كلما زادت درجة حرارته(1).

4. الرطوبة النوعية Specific Humidity

وهي النسبة بين وزن بخار الماء الموجود في حجم معين من الهواء إلى الوزن الكلي لهذا الهواء. فإذا كان وزن هذا الهواء كيلو غراماً واحداً، وكان وزن بخار الماء الموجود به 15 غراماً، فإن رطوبته النوعية تكون 15 غراماً في كل كيلو غرام. وهي الرطوبة النوعية الحقيقية لكمية بخار الماء الموجود فعلاً في الهواء(2).

مقاييس الرطوبة

وأهمها:

1. السيكرومتر- Paychhrometer.
2. الهيجرومتر ذو الشعر- Hair hygrometer.
3. الهيجروجراف- Hygrograph.

1. السيكرومتر

ويتألف هذا الجهاز من ثرمومترين عاديين مركبين على قاعدة خاصة، أحدهما معرض للجو مباشرة ويدعى "الثرموميتر المبلل الجاف". أما الآخر فتلف

(1) Ibid.

(2) د. علي موسى: المناخ الاقليمي، جامعة دمشق، 1990م.



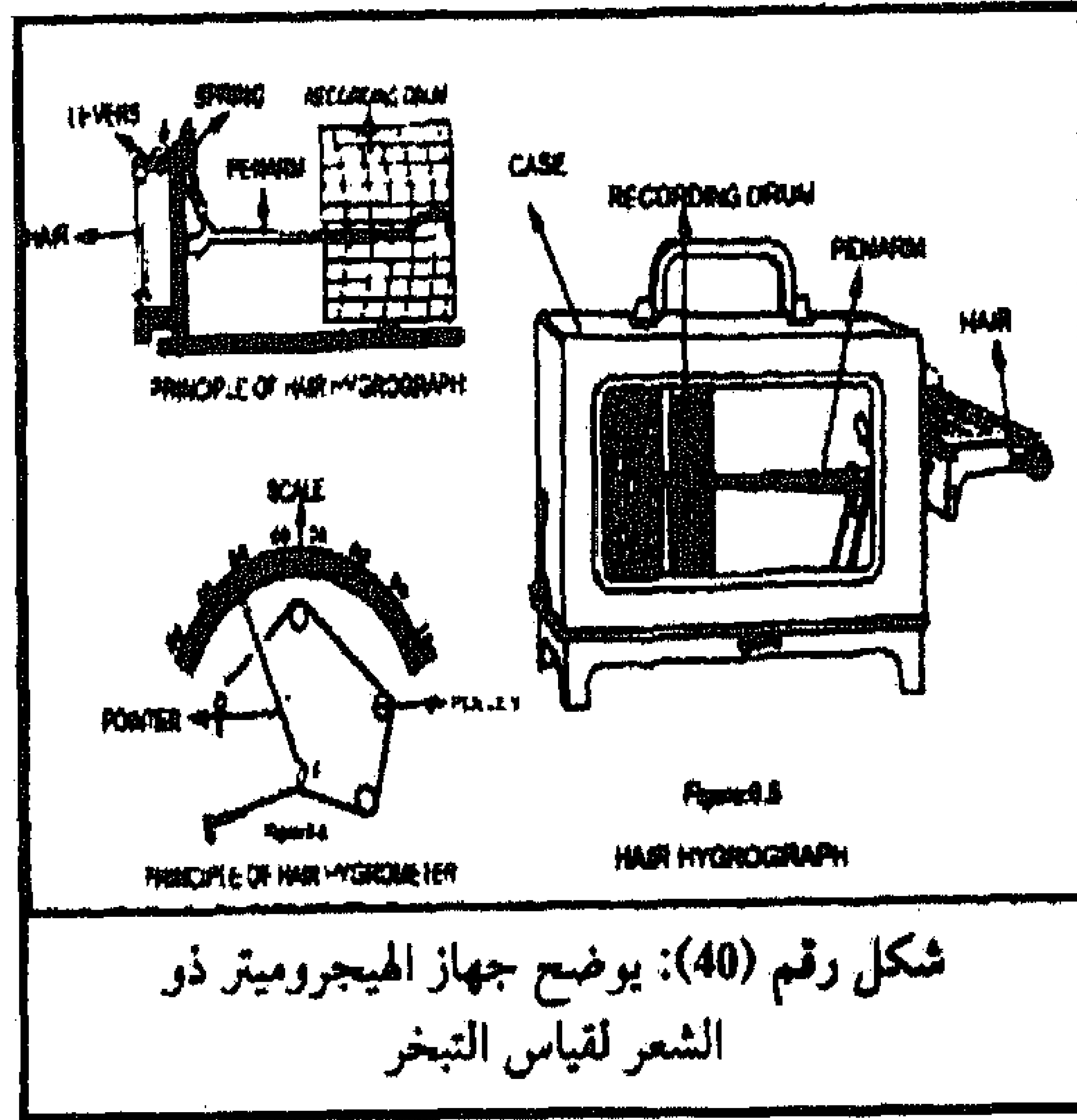
فقاعته بوساطة قطعة قماش رقيقة مبللة باستمرار، ويدعى بالثيرموميتر المبلل. فالذي يحدث في هذه الحالة، هو أن الماء يتبخر من قطعة القماش، فينتج عن ذلك انخفاض في درجة الحرارة التي يسجلها هذا الترمومتر. لأن التبخر يستنفذ بعض الحرارة. ولما كان من الثابت أن التبخر يكون أنشط في الجو الجاف منه في الجو الرطب، وأن سرعة التبخر تتناقص كلما زادت الرطوبة النسبية، فإن الفرق بين درجتي الحرارة التي يوضحهما الترمومتران، يمكن أن يتخذ أساساً لتقدير الرطوبة النسبية. وقد أعدت لهذا الغرض جداول خاصة، ومنها تقرأ الرطوبة النسبية بمقابلة قراءتي الترمومترين.

وقد اخترع نوع من السيكرومتر يعمل الكترونياً داخل محطة الرصد الجوي، دون الحاجة للخروج إلى الخلاء لقراءته. ولهذا أعطي اسم تيلي سيكرومتر Tylepsychrometer.

2. الهيجرومتر ذو الشعر

وهو جهاز تقوم فكرته على أساس مقدار ما يطرأ على حزمة من شعر الإنسان، من تمدد أو تقلص تبعاً لتغير نسبة الرطوبة في الهواء. فالمعروف أن شعر الإنسان يتقلص في الهواء الجاف، ويتمدد كلما زادت الرطوبة. ولذلك فإن الجزء المهم في هذا الجهاز، هو حزمة مكونة من عدة خصلات من الشعر، ومثبت في هذه الحزمة سن ريشة، يتحرك أمام مسطرة مقسمة إلى مائة قسم من صفر إلى 100. فعندما تتغير الرطوبة يتحرك سن الريشة حيث يدل الرقم الذي يثبت أمامه على الرطوبة النسبية.

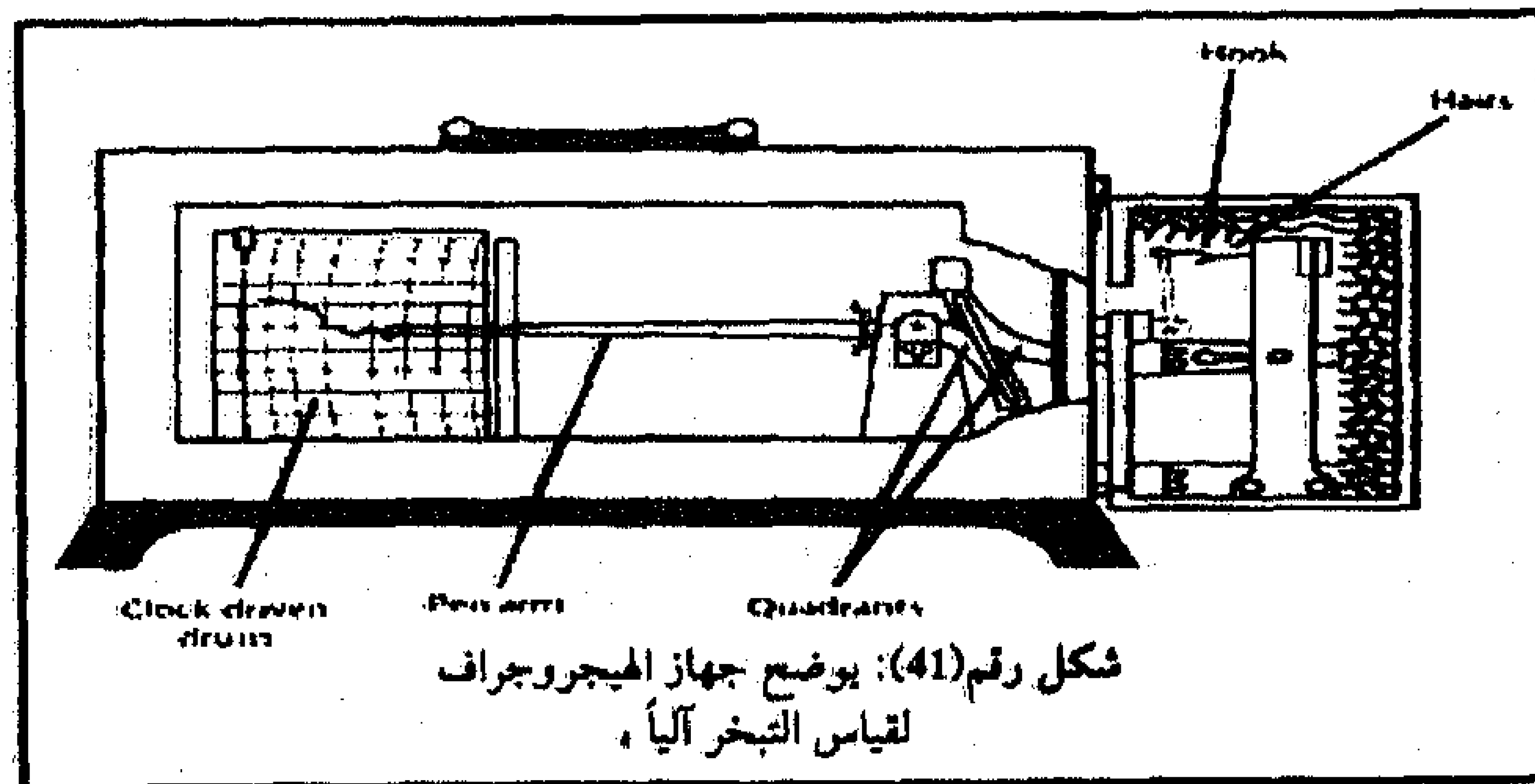




شكل رقم (40): يوضح جهاز الهيجروميتر ذو الشعر لقياس التبخر

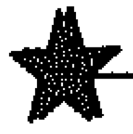
3. الهيجروجراف

ويعتمد هذا الجهاز على نفس الفكرة التي يعتمد عليها الهيجرومتر ذو الشعر، والفرق بينهما هو أن الهيجروجراف يسجل التغييرات التي تطرأ على الرطوبة النسبية تسجيلاً آلياً؛ مستمراً على خريطة مقسمة تقسيماً خاصاً، وتثبت هذه الخريطة على أسطوانة تدور بواسطة ساعة أمام سن ريشة كما هي الحال في الثرموجراف والباروجراف[1].



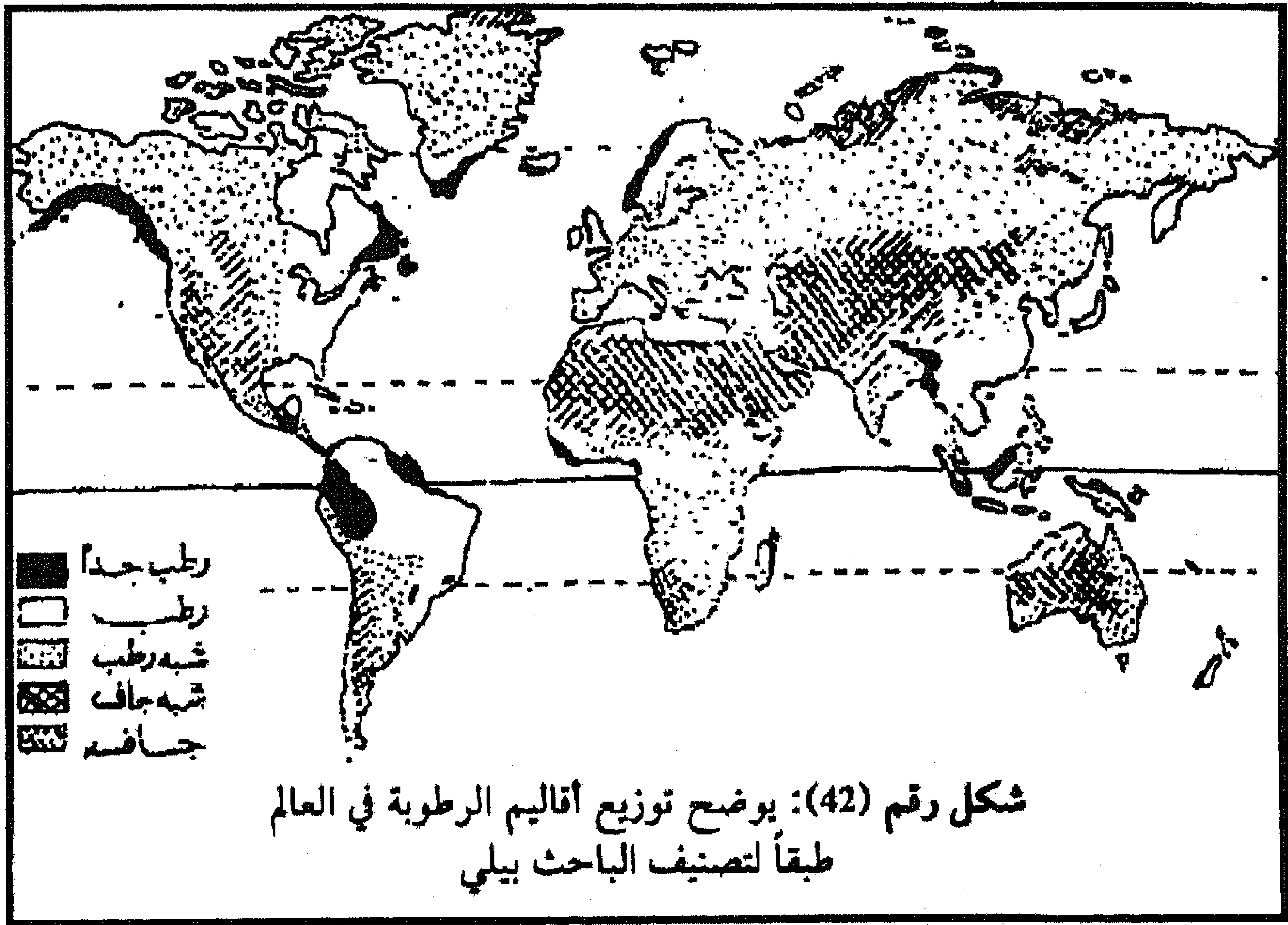
شكل رقم(41): يوضح جهاز الهيجروجراف لقياس التبخر آلياً

(1) د. يسري الجوهري، المرجع نفسه.



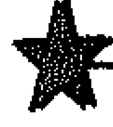
التوزيع الجغرافي للرطوبة

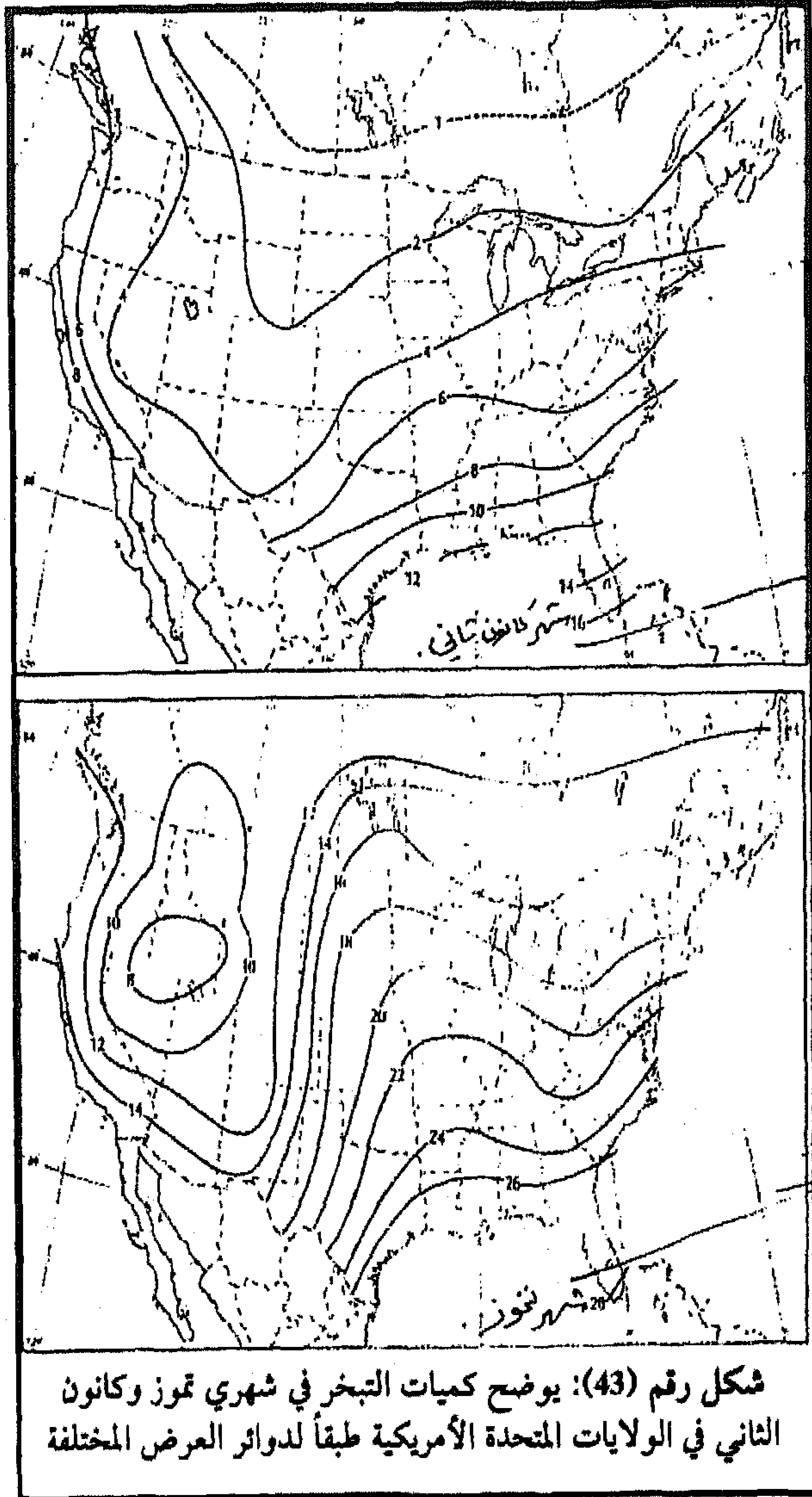
يتطابق التوزيع الجغرافي لهذا العنصر المناخي مع التوزيع الجغرافي لدرجة الحرارة. ففي الوقت الذي يزداد به تركيز بخار الماء في الغلاف الجوي للمناطق الاستوائية؛ نجد أن الرطوبة النوعية تتناقص باتجاه القطبين. كما أن هذا التوافق يجعل مقدار بخار الماء في الغلاف الجوي في الصيف، أعلى منه في الشتاء، مما يؤدي إلى أن الرطوبة النوعية للهواء الجاف، تزيد عن الرطوبة النوعية للهواء القطبي البارد.



شكل رقم (42): يوضح توزيع أقاليم الرطوبة في العالم طبقاً لتصنيف الباحث بيلي

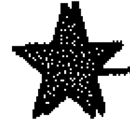
ويوضح الشكلان التاليان كميات التبخر طبقاً لدوائر العرض في شهري تموز وكانون الثاني للولايات المتحدة الأمريكية، حيث تتراوح في شهر تموز ما بين 28 ملليباراً إلى 12 ملليباراً، وفي شهر كانون الثاني ما بين 16 إلى 2 ملليبار حسب العروض المختلفة لتلك الدولة.





شكل رقم (43): يوضح كميات التبخر في شهري تموز وكانون الثاني في الولايات المتحدة الأمريكية طبقاً لدوائر العرض المختلفة

وتزداد الرطوبة النسبية في المناطق الاستوائية، وتتناقص بسرعة نحو المناطق المدارية، حيث يسود الجفاف وتنشط تيارات الهواء الهابطة، وترتفع الرطوبة النسبية في المناطق المعتدلة بسبب انخفاض درجة الحرارة شتاءً، وارتفاع الهواء إلى أعلى بفعل المنخفضات الجوية. كما أن الرطوبة النسبية فوق اليابس أعلى في



الشتاء منها في الصيف، ما عدا المناطق التي تتعرض إلى كتل هوائية في الصيف مثل المناطق الاستوائية. أما بالنسبة للمسطحات المائية فإن الرطوبة النسبية فوقها تكون في الصيف أعلى منها في الشتاء.

ويتناسب التبخر طردياً مع ارتفاع درجة الحرارة وسرعة الرياح ودرجات العرض. ويوضح الجدول التالي التوازن المائي في القارات بالملمترات سنوياً وهي كالتالي:

جدول رقم (5): يوضح التوازن المائي في القارات بالمليمترات سنوياً

اسم القارة	كمية التساقط	معدل التبخر	الجريان السطحي
أوروبا	640	390	220
آسيا	600	310	290
أمريكا الشمالية	660	320	340
أمريكا الجنوبية	1630	700	930
إفريقية	690	430	260
أستراليا	470	420	50 ملمتراً سنوياً

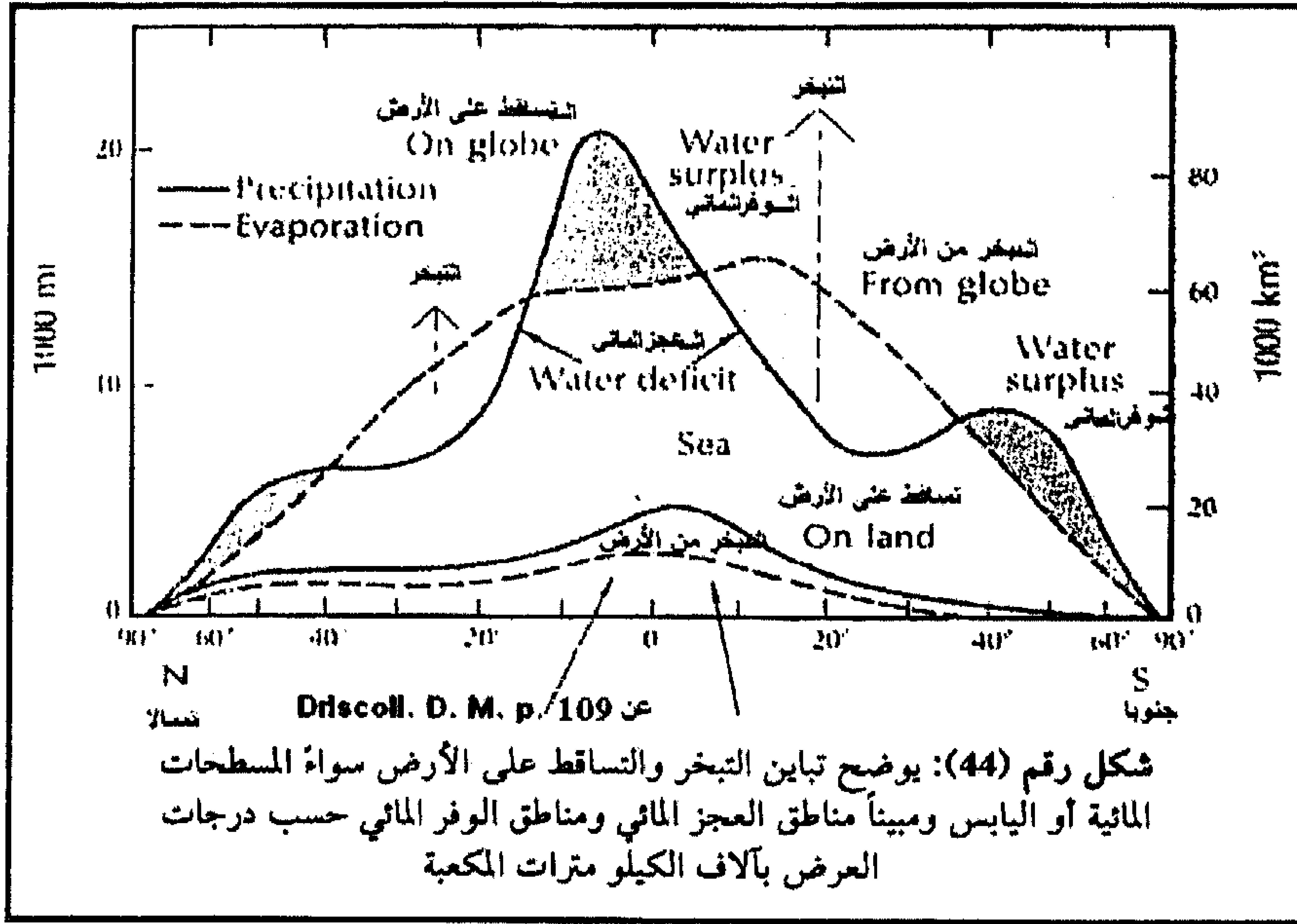
عن/ **Sellers, W. D.; University of Chicago 1965**

ويتضح من الجدول أن قارة أمريكا الجنوبية تحتل الصدارة في كمية التساقط، تليها في الأهمية قارة إفريقية ثم أمريكا الشمالية. ولكن كميات التبخر من قارة أمريكا الجنوبية هي الأعلى، تليها في الأهمية قارة إفريقية ثم قارة أستراليا.

ويوضح الشكل التالي توزيع كميات الرطوبة النسبية والرطوبة المطلقة والتبخر على مدار أشهر السنة.كما يوضح الجدول الشكل التالي التبخر والتساقط من هذا الكوكب سواءً من المسطحات المائية أو اليابس بآلاف الكيلومترات المكعبة موضحاً مناطق العجز المائي ومناطق الوفر المائي حسب



درجات العرض وكميات التساقط على اليابس والماء معاً ثم التبخر منهما، مع ملاحظة ازدياد التساقط من الشكل في الإقليم الاستوائي بين درجتي عرض 10 درجات شمالاً وجنوباً، بينما نجد قلة التساقط بين درجات العرض 15-35 درجة شمالاً وجنوباً، خاصة في المناطق الصحراوية وبالتالي تشكل تلك المناطق مناطق عجز مائي في القارات التي توجد فيها، بينما يتوفر الوفر المائي في الأقاليم الرطبة سواء الاستوائية أو الموسمية والمعتدلة الدفيئة والباردة على حد سواء.



Driscoll. D. M. p./109 عن

شكل رقم (44): يوضح تباين التبخر والتساقط على الأرض سواءً المسطحات المائية أو اليابس ومبيناً مناطق العجز المائي ومناطق الوفر المائي حسب درجات العرض بآلاف الكيلو مترات المكعبة

الفصل السادس

التكاثف والتساقط



الفصل السادس

التكاثف والتساقط

التكاثف

السحب.

الضباب.

الصقيع.

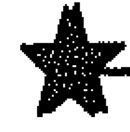
الندى.

التساقط

الأمطار.

البرد.

الثلج.



الفصل السادس

التكاثف والتساقط

Condensation and Precipitation

التكاثف

وأهم مظاهره ما يلي:

1. السحب
2. الضباب
3. الصقيع
4. الندى

1. السحب:

هي تجمعات عن بخار الماء المتكثف في الجو بشكل قطيرات مائية دقيقة، وقد تختلط بها جزئيات دقيقة كذلك من الثلج؛ إذا كانت درجة الحرارة في مستوى السحب دون درجة التجمد. وقد تتكون السحابة كلها من هذه الجزيئات الثلجية.

وهي لا تختلف كثيراً في مظهرها وتركيبها العام كثيراً عن الضباب. والفارق الوحيد بينهما، هو أن السحب تتكون في طبقات من الجو متباينة الارتفاع عن سطح الأرض، بينما يتكون الضباب فوق سطح الأرض أو البحر مباشرة. كما أن السحب تتميز عن الضباب في أنها نتيجة نشاط التيارات الهوائية الصاعدة في الجو، بل تعتبر هذه التيارات الصاعدة سبباً في تبرده أو رفعه إلى أعلى حيث يتحول إلى سحاب.



أهمية السحب

للسحب تأثير مهم على المناخ، لأنها هي مصدر الأمطار والثلوج والبرد الساقطة نحو الأرض. كما أنها تؤثر على الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي، وتحدد مقدار ما ينفذ بواسطتهما من حرارة الشمس إلى الأرض أو من حرارة الأرض إلى الطبقات العليا من الجو.

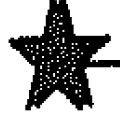
ففي أثناء النهار، تحجب جانباً من حرارة الشمس عما يقع تحت ظلها من سطح الأرض. أما أثناء الليل، فإنها تكون بمثابة غطاء يحول دون وصول الإشعاع الأرضي إلى طبقة الجو العليا. فتحتفظ الأرض وطبقة الهواء المحصورة بينها وبين قاعدة السحب بمعظم حرارتها.

كما أن للسحب تأثيراً مهما على حياة النبات والحيوان والإنسان. ففي بعض جهات شمال وغرب أوروبا مثلاً، ينتشر بعض الأمراض التي يصاب بها الإنسان، نتيجة نقص أشعة الشمس. ومنها الكساح عند الأطفال (لين العظام)، ويعزى سبب ذلك إلى كثرة احتجاب الشمس بواسطة السحب معظم أيام السنة، خاصة في فصل الشتاء. ويستعاض عن هذا النقص بتعاطي فيتامين (أ) الذي تساعد أشعة الشمس على تكوينه في الجسم[1].

أما تأثيرها على النباتات، فيلاحظ أن كثرة ضوء الشمس في بعض المناطق، تساعد على سرعة نمو ونضج بعض المحاصيل. فتوفر ضوء الشمس أثناء فصل الصيف في العروض العليا شمال 66.5 شمالاً؛ وجنوب 66.5 جنوباً هو العامل الرئيس الذي يساعد كلا من كندا وروسيا، على زراعة بعض محاصيل

---

(1) د. علي حميدان، المدخل إلى الجغرافية الطبيعية والبشرية، دار الفكر، القدس، 2005م.



المناطق المعتدلة؛ في أراضيها الواقعة شمال الدائرة القطبية، بالرغم من قصر فصل النمو في تلك المناطق.

توزيع السحب في العالم

من الممكن توزيع السحب في العالم بواسطة خرائط، تبين عليها المعدلات الشهرية والسنوية كما هي الحال في توزيع الظاهرات المناخية الأخرى. ويكون ذلك برسم خطوط تصل بين الأماكن ذات الكميات المتساوية من السحب. ومن تلك الخرائط المتاحة لتوزيع السحب في العالم يمكن ملاحظة ما يلي:

أ. تعتبر المناطق الصحراوية في العالم، أقل جهات العالم نصيباً من السحب. (الصحراء الكبرى وصحاري بلاد العرب وأستراليا).

ب. تعتبر أكثر جهات العالم سحباً في نصف الكرة الشمالي هي شمال أوروبا وشمال المحيطين الأطلسي والهادي.

ج. تقل السحب نوعاً ما في المناطق القطبية لقلة بخار الماء في الجو. ويعتبر هذا العامل من العوامل التي ساعدت على وفرة ضوء الشمس أثناء فصل الصيف في تلك المناطق.

د. تكثر السحب في الأقاليم الموسمية أثناء موسم الأمطار، ولكنها تكاد تنعدم تماماً في موسم الجفاف.

هـ. تكثر السحب في وسط أوروبا أثناء فصل الصيف، وتقل في الشتاء، بينما يحدث العكس في حوض البحر المتوسط.

و. تكثر السحب في الأقاليم الاستوائية، ويكون غالباً فيما يعد الظهر من كل يوم نتيجة لنشاطات التيارات الهوائية الصاعدة.

يلاحظ مما سبق، أن موسم تزايد السحب في الأقطار المختلفة يتفق لحد

كبير مع موسم تزايد الأمطار. لأن الظاهرتين مرتبطتان مع بعضهما تمام الارتباط.

أنواع السحب

تقسم السحب طبقاً لسمكها وشكلها وارتفاعها عن سطح الأرض، إلى أربع مجموعات متفق عليها دولياً هي:

1. السحب العالية High Level Clouds.
2. السحب متوسطة الارتفاع Middle Level Clouds.
3. السحب المنخفضة Low Level Clouds.
4. السحب الركامية (مجموعة السحب ذات النمو الرأسي) Development Clouds With Vertical[1].

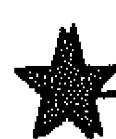
1- السحب العالية

وتشمل مجموعة ثانوية هي السمحاق Cirrus ورمزه Ci والسمحاق الركامي Cirrocumulus والسمحاق الطبقي Cirrostratus Cs وتقسم إلى قسمين هما:

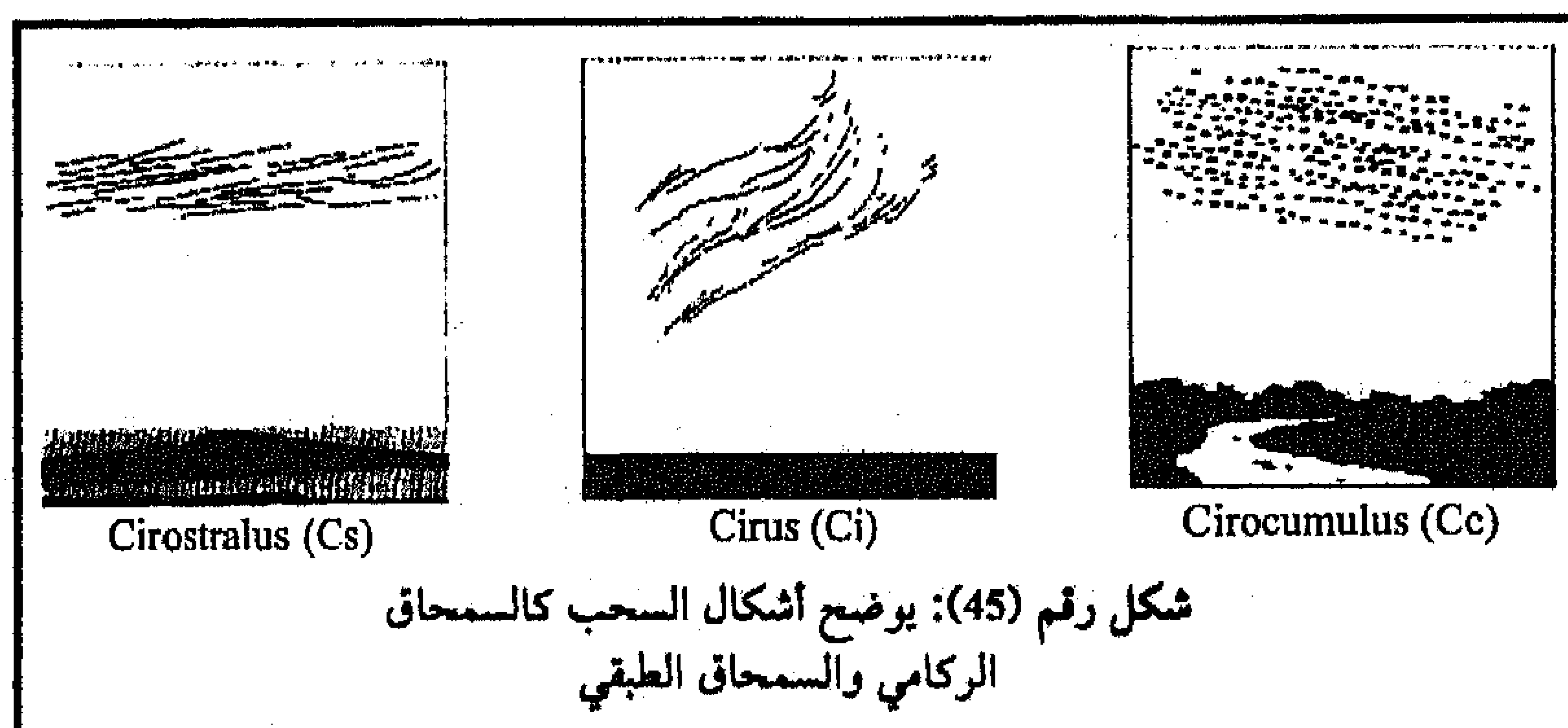
أ. سحب السمحاق الركامي: وتتكون من بلورات جليدية بسبب ارتفاعها الشديد، والذي يصل إلى ما بين 10-15 كيلو متراً. وهي سحب رقيقة يشبه شكلها الصوف المنفوش أو الريش. وهي بيضاء متجانسة اللون ورمزها Cc.

ب. سحب السمحاق الطبقي: وهي كذلك من السحب العالية. وتظهر

(1) Driscoll, M.; Op cit.



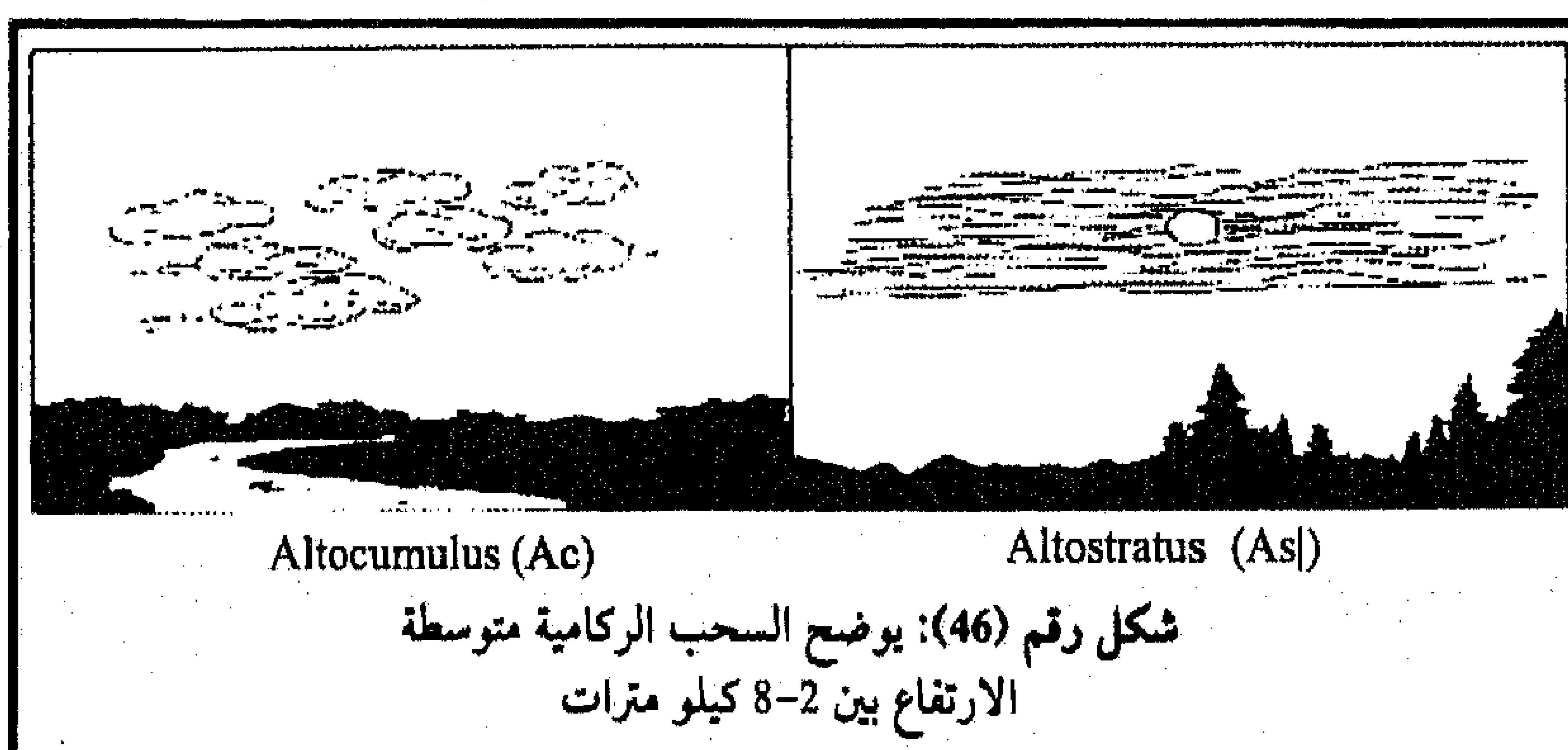
بشكل طبقة شفافة يميل لونها إلى البياض. وتتغطى بها السماء كلها. ولكنها لا تحجب أشعة الشمس أو القمر تماماً. ولكنها تكون حول قرصيهما هالة دائرية، تنشأ نتيجة انعكاس الضوء على جزئيات الثلج، التي تتكون منها السحب. ويشير ظهورها في بعض الأحيان إلى اقتراب منخفض جوي، ويرمز لها بالرم Cs.



شكل رقم (45): يوضح أشكال السحب كالسمحاق الركامي والسمحاق الطبقي

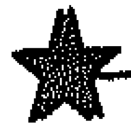
2. السحب المتوسطة الارتفاع Middle Level Clouds

ويتراوح ارتفاعها بين 2-8 كيلو مترات، وتقسم إلى قسمين:



شكل رقم (46): يوضح السحب الركامية متوسطة الارتفاع بين 2-8 كيلو مترات

أ. السحب الركامية المتوسطة: وتظهر على شكل كتل كبيرة ومتراصة، وغالباً ما تكون هذه السحب غير ماطرة، وقد تظهر بشكل طبقة رقيقة شفافة أو قاتمة. أو بشكل سحب صغيرة كروية أو أسطوانية تتشابك



أطرافها على شكل صفوف أو تموجات تعطي السماء منظراً جميلاً. وأحياناً تظهر على شكل طبقة مخططة تحجب السماء بأكملها أو الجزء الأكبر منها.

ب. السحب الطبقية المتوسطة: وهي سحب رمادية قاتمة وهي أكثر سمكاً من السحب السابقة. كما أنها من الغيوم التي يصاحبها هطول متصل أو متقطع سواء من المطر أو الثلج أو البرد.

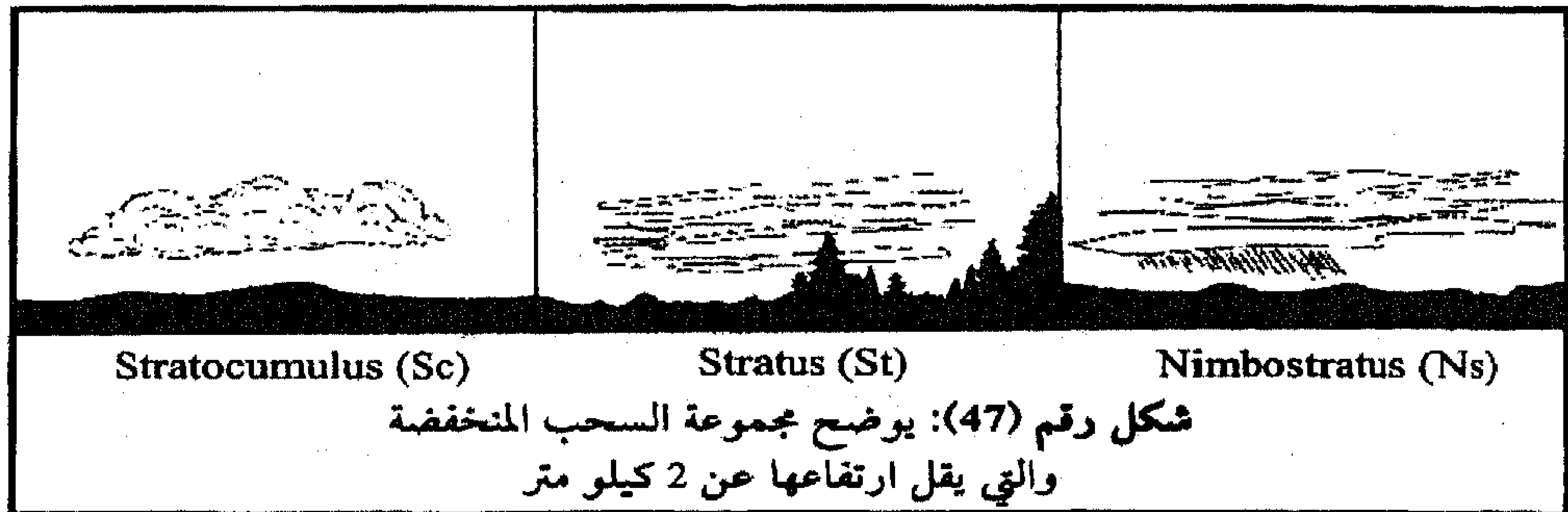
3. السحب المنخفضة Low Level Clouds

وهي الغيوم التي يقل ارتفاعها عن 2 كيلو متر. وتقسم إلى ثلاثة أنواع:

أ. السحب الطبقية Stratus: وهي غيوم متجانسة رمادية اللون يصاحبها هطول أمطار خفيفة أو متقطعة.

ب. السحب الركامية ال طبقية Stratus Cumulus: تظهر على شكل كتل كبيرة من الغيوم، تتخللها فراغات ولونها رمادي وقد يصاحبها المطر أو الثلج.

ج. الطبقة المزنية: وهي غيوم منخفضة وكثيفة، وينتج عنها هطول المطر وسقوط الثلج أو البرد[1].



شكل رقم (47): يوضح مجموعة السحب المنخفضة والتي يقل ارتفاعها عن 2 كيلو متر

(1) Ibid.



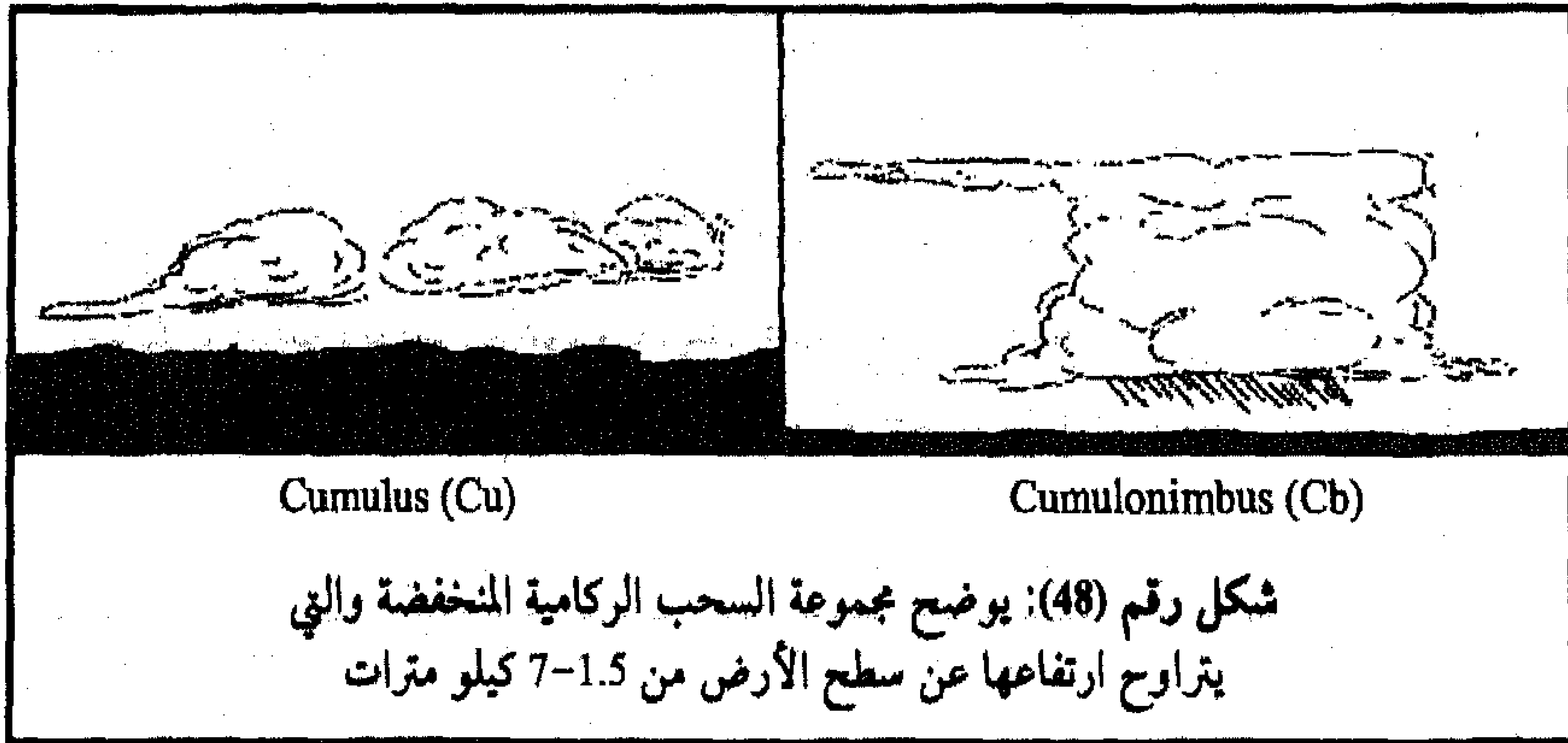
4. مجموعة الغيوم (السحب) الركامية

وهي الغيوم التي تنمو نمواً رأسياً، وتمتد قاعدتها في منطقة السحب المنخفضة بينما تكون قمتها في منطقة السحب المتوسطة الارتفاع أو العالية. وتبدو في مظهرها كالقباب أو القلاع أو التلال المتحركة. ويكون لونها رمادياً داكناً حسب درجة سمكها وكثافتها، بينما تكون قمتها بيضاء لامعة بفعل ضوء الشمس حيث تبدو كزهرة القرنبيط. ويتراوح ارتفاعها ما بين 1.5 إلى 7 كيلو مترات. وتقسم إلى قسمين:

أ. السحب الركامية: وتتكون بفعل التيارات الهوائية الصاعدة، ويكبر حجمها، ويصاحبها سقوط الأمطار.

ب. سحب المزن الركامي: وتظهر على شكل أبراج ضخمة، وهي غيوم رعدية مطيرة جداً يرافقها رياح قوية.

قال تعالى: ﴿ أَفَرَءَيْتُمُ ٱلْمَآءَ ٱلَّذِى تَشْرَبُونَ ﴿٦٨﴾ ءَأَنتُمْ أَنزَلْتُمُوهُ مِنَ ٱلْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ ٱلْمُنزِلُونَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَآءُ جَعَلْنَٰهُ أُجَاجًا فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ ﴿٧٠﴾ أَفَرَءَيْتُمُ ٱلنَّارَ ٱلَّتِى تُورُونَ ﴿٧١﴾ ءَأَنتُمْ أَنشَأْتُمْ شَجَرَتَهَآ أَمْ نَحْنُ ٱلْمُنشِـُٔونَ ﴾ سورة الواقعة الآيات من 68 إلى 71.



شكل رقم (48): يوضح مجموعة السحب الركامية المنخفضة والتي يتراوح ارتفاعها عن سطح الأرض من 1.5-7 كيلو مترات



2. الضباب Fog

يقصد بالضباب وجود أية مواد عالقة بالطبقات السفلى من الجو، في صورة ينجم عنها تقليل مدى الرؤية Visibility إلى أقل من كيلو متر واحد، سواءً أكانت هذه المواد عبارة عن ذرات من بخار الماء المتكاثف، أو ذرات من الأتربة والدخان أو خليطاً من مادتين أو أكثر من هذه المواد.

والنوع الشائع من الضباب، هو ذلك النوع الذي يحدث نتيجة تكاثف بخار الماء بالقرب من سطح الأرض، على شكل ذرات صغيرة متطايرة. وإن كان هذا لا يمنع من وجود ذرات من مواد أخرى مثل الدخان والأتربة مختلطة به[1].

وهو على أنواع عدة منها:

أ. ضباب البر: Land Fog.

ب. ضباب البحر: Sea Fog.

ج. الضباب الدخاني: Smog.

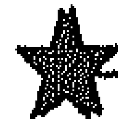
أ. ضباب البر:

يتكون هذا النوع من الضباب فوق اليابسة نتيجة عدة عوامل أهمها:

* انتقال هواء دافئ إلى منطقة سطحها أبرد منه نسبياً.
* يحدث في فصل الشتاء حينما تنتقل كتلة هوائية بحرية دافئة إلى اليابس البارد نسبياً.
* مرور هواء دافئ نسبياً فوق السطح المغطى بالجليد.

---

(1) أوستن مللر: علم المناخ، ترجمة إبراهيم رزقانه ود. محمد متولي، ط2، جامعة القاهرة، 1985م.



* أو حينما تكون الليالي صافية (خالية من السحب) وتزايد فقدان سطح الأرض لحرارته بالإشعاع أثناء الليل[1].
* يساعد وجود ذرات الأتربة والدخان في الغلاف الجوي على تكون الضباب.
* هدوء الجو يساعد على تكونه لأن الرياح السريعة تعمل على تبدده.
* عدم وجود تيارات هوائية صاعدة، لأنها تساعد على اختفائه.
* يجب أن يكون الهواء محملاً بنسبة عالية من الرطوبة.

ويتكون الضباب في قيعان الأودية أواخر الليل وفي الصباح الباكر. وذلك لأن قيعان الأودية تكون أبرد نسبياً من المنحدرات الواقعة حوله، وذلك بسبب برودة الهواء على المنحدرات؛ وهبوطه إلى المنخفضات بسبب تزايد كثافته، بل يكون ضباب الأودية أشد كثافة من ضباب الأرض المسطحة.



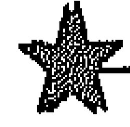
شكل رقم (49): يوضح ضباب الغابات

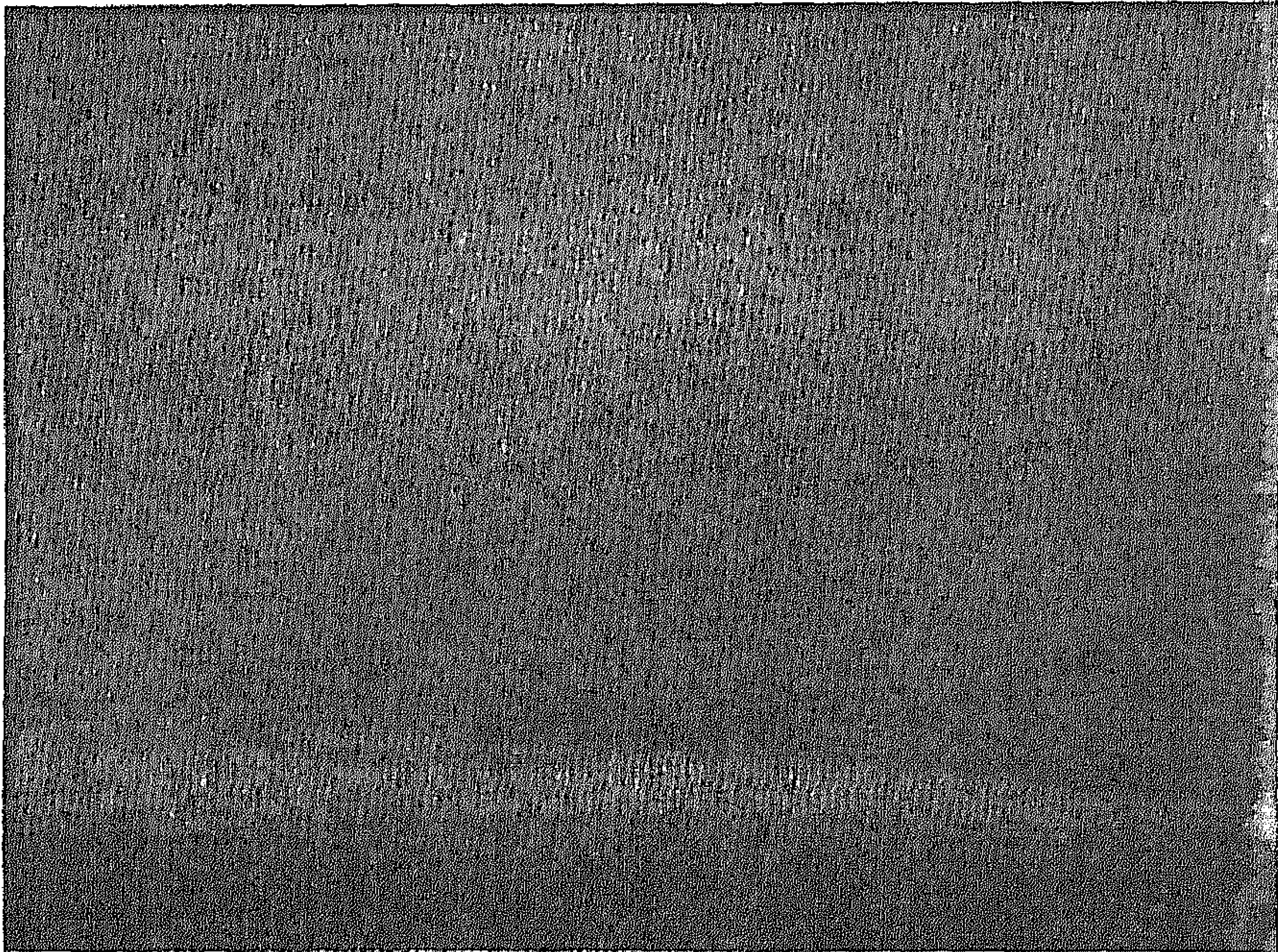
(1) Ibid.

ويكثر ضباب اليابس هذا بوجه خاص، في فصلي الخريف والشتاء. وذلك حينما يكون سطح الأرض بارداً نسبياً. وتنحصر مناطق ظهوره بوجه عام في العروض الوسطى والعليا.

ب. ضباب البحر:

ويتكون هذا النوع من الضباب حينما يمر هواء دافئ فوق سطح مائي بارد نسبياً. ويحدث ذلك مثلاً حينما يلتقي تياران مائيان، أحدهما بارد والآخر دافئ، كما هو الحال في شمال غرب المحيط الأطلسي. حيث يلتقي تيار الخليج الدافئ بتيار لبرادور البارد حول جزيرة نيوفوندلاند. فهنا تتكون طبقة كثيفة من الضباب نتيجة انتقال الهواء الدافئ الرطب من فوق سطح تيار الخليج الدافئ إلى سطح تيار لبرادور البارد، والمعروف أن معدل درجة حرارة تيار الخليج تعادل 27 درجة مئوية بينما تيار لبرادور القادم من المناطق القطبية أقل حرارة منها بكثير. ويتكون هذا النوع من الضباب في سواحل مراكش، والتشيلي وبيرو وكلفورنيا وناميبيا؛ نتيجة مرور التيارات المائية الباردة نسبياً لسواحل هذه المناطق، وهبوب الرياح السائدة فيها من اليابس الدافئ باتجاه البحر الأبرد نسبياً؛ وترتفع أمامها الطبقة السطحية من المياه بعيداً عن الشاطئ، فتكشف عن المياه التي تحتها. وهي بوجه عام أشد برودة من سابقتها المزاحة.

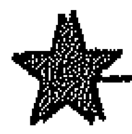


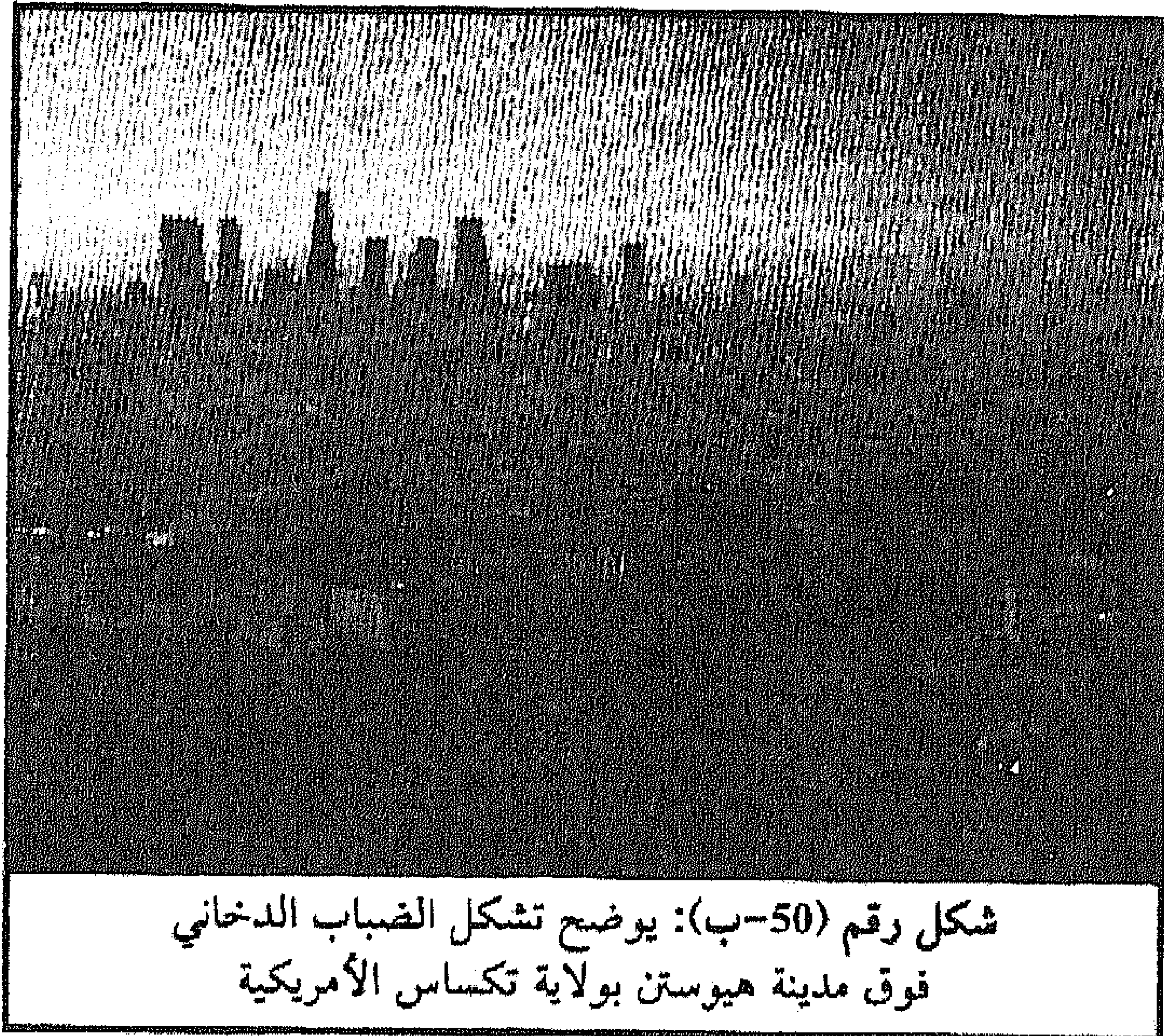


شكل رقم (50-أ): يوضح تشكل الضباب فوق سطح البحر

ج. الضباب الدخاني Smog:

ويتكون هذا النوع من الضباب نتيجة اتحاد الدخان الناجم عن المصانع، مع الضباب الناجم عن انتشار الشوائب في المدن الصناعية. وهو ضباب كثيف وذلك بسبب اختلاطه بالأدخنة. ويتميز هذا النوع من الضباب، بعدم تأثره بالإشعاع الشمسي. كما لا يسقط الأمطار وربما يستمر لعدة أيام، كما يحدث في مدينة لوس أنجلوس، وأخيراً غطى مدينة هيوستن في ولاية تكساس الأمريكية، حيث يؤدي لأمراض خطيرة في الجهاز التنفسي لسكان المدينة، خاصة كبار السن.





شكل رقم (50-ب): يوضح تشكل الضباب الدخاني
فوق مدينة هيوستن بولاية تكساس الأمريكية

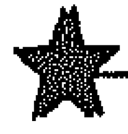
الضباب ومدى الرؤية

يبلغ مدى رؤية الشخص العادي في الجو الصافي نحو عشرة كيلو مترات ولكنها تنقص أحياناً إلى 2 كيلو متر بسبب الضباب، والعواصف الترابية والرملية والعواصف الثلجية والأمطار. وقد ينخفض مداها إلى الصفر، ولأهمية الرؤيا في الملاحة الجوية والبحرية والطرق البرية، فإن محطات الرصد الجوي تتابع بانتظام؛ البيانات الخاصة بهذه الناحية ضمن نشراتها اليومية[1].

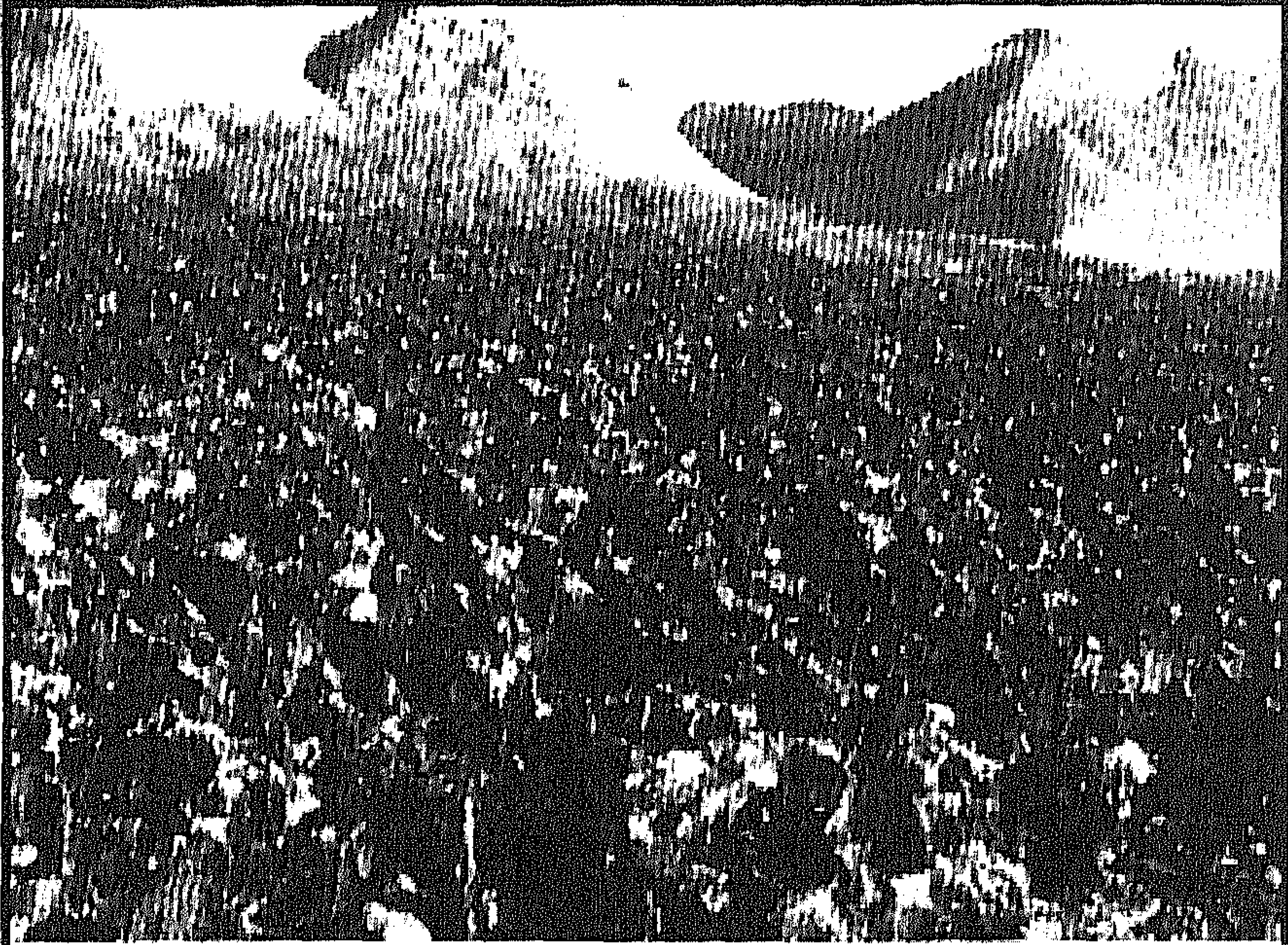
3. الصقيع Frost

يتكون الصقيع عند تحول بخار الماء العالق بالهواء أثناء الليل إلى بلورات صغيرة من الثلج فوق النباتات والأجسام الصلبة المعرضة للهواء، عند انخفاض درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد. وكثيراً ما يحدث أن يكون انخفاض

(1) Krause, E. B.; OP Cit.

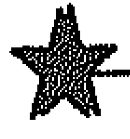


درجة الحرارة فجائياً أو سريعاً. بدرجة تؤدي إلى تحول بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة مباشرةً دون أن يتحول أولاً إلى ماء ثم إلى ثلج بعد ذلك.



شكل رقم (51): يوضح تشكل الصقيع فوق أوراق النباتات

ويعتبر الصقيع من أخطر الظواهر الجوية على حياة النباتات، خصوصاً الأنواع الحساسة منها مثل الأزهار والفواكه والخضروات، ولذلك تنذر محطات الرصد يومياً- حال توقع حدوث هذه الظاهرة المناخية المزارعين- إلى اتخاذ الاحتياطات اللازمة لحدائقهم ومزارعهم؛ لتلافي بعض أخطاره، كما هو الحال في منطقة الأغوار بالأردن وفي المناطق الجنوبية الدفيئة من الولايات المتحدة الأمريكية.





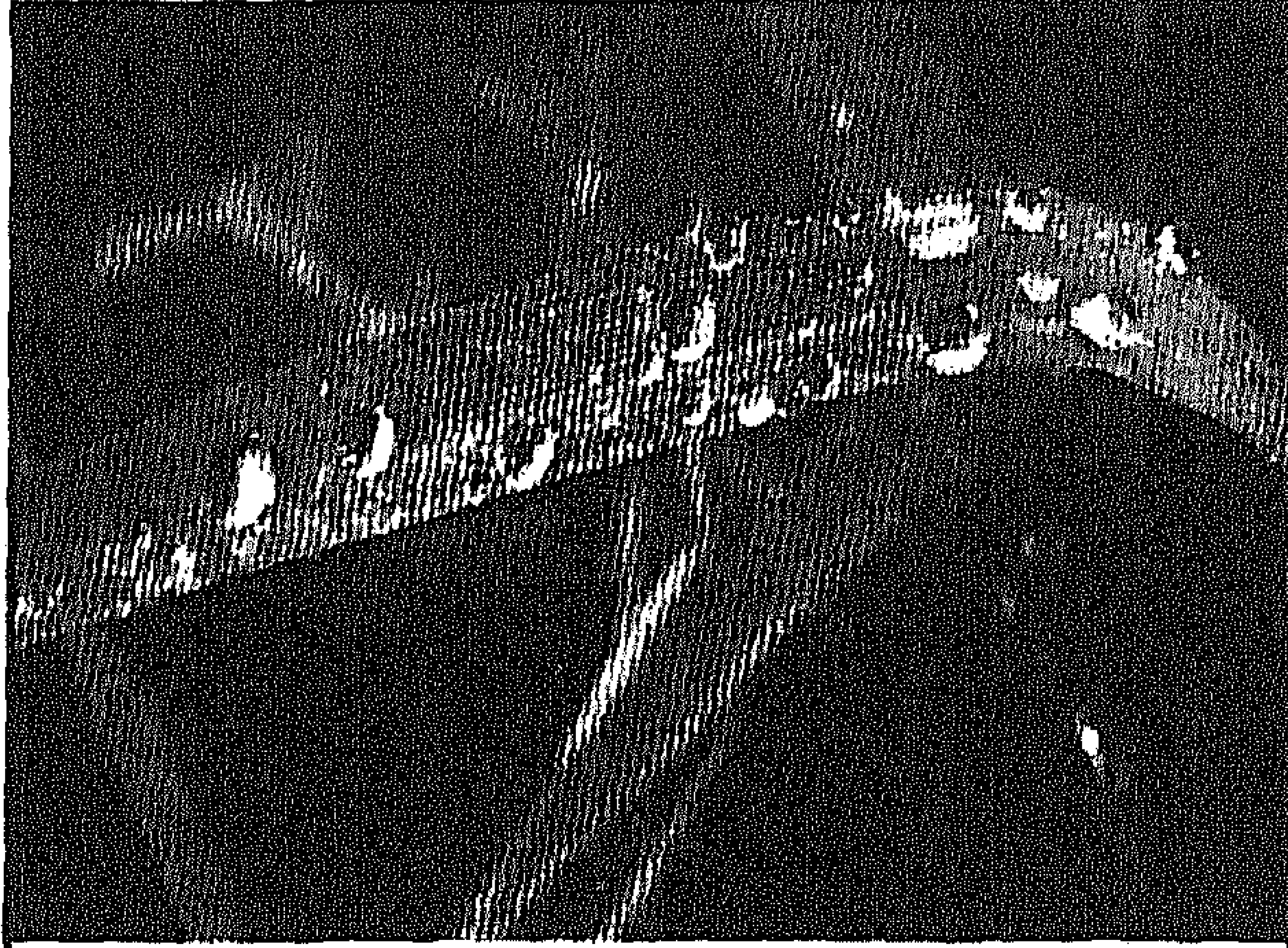
شكل رقم (52): يبين تشكل الصقيع فوق أشجار اللوزيات

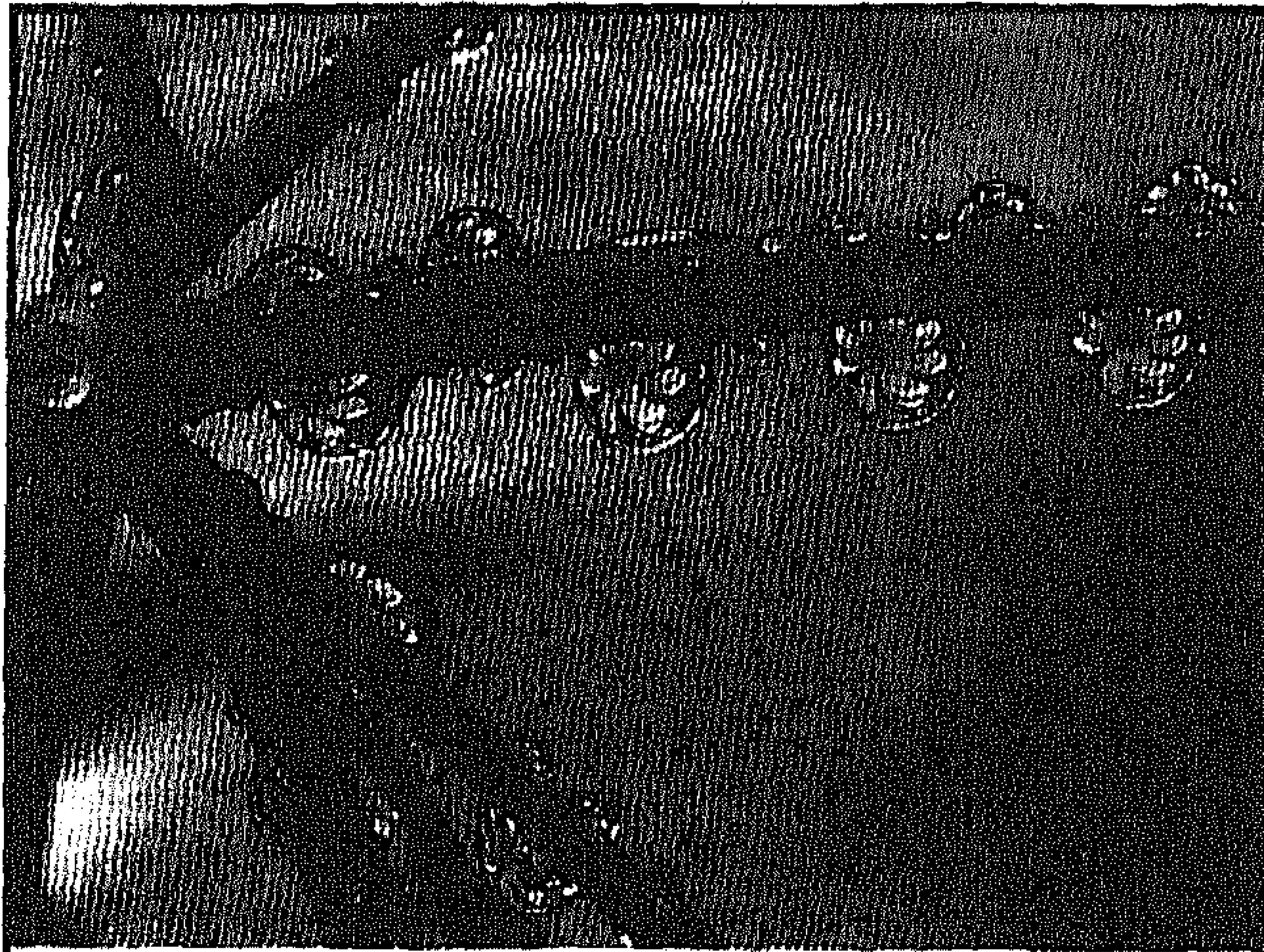
وينتشر الصقيع في جميع الأقاليم المعتدلة والباردة من العالم. ولو أن مرات حدوثه تتزايد بصفة عامة كلما اتجهنا نحو القطبين. ويعتبر فصل الشتاء موسم ظهوره، بالرغم من حدوثه أحياناً في فصلي الربيع والخريف. وصقيع الشتاء أقل ضرراً ولكن صقيع الربيع هو أكثرها خطراً في العروض المعتدلة. لأنه يأتي في الوقت الذي تكون فيه النباتات قد بدأت نموها. وتكون الأشجار قد أخذت تخرج براعمها. أما صقيع الخريف فيأتي بعد اكتمال نمو النباتات حيث لا تتأثر بحدوثه.

4. الندى Dew

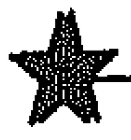
المقصود بالندى هو قطرات الماء التي تظهر في الصباح الباكر على أوراق الأشجار وزجاج النوافذ وأسطح المنازل؛ والأجسام المعدنية وغيرها من المواد

المعرضة للجو. وذلك لفقدانها حرارتها بسرعة أثناء الليل بسبب الإشعاع الأرضي.


شكل رقم (53): يوضح تشكل الندى فوق أوراق النباتات


شكل رقم (54): يوضح تشكل الندى فوق أغصان النباتات

فإذا ما هبطت حرارتها إلى ما دون نقطة الندى الخاصة بالهواء الملاصق لها، فإن جزءاً من بخار الماء العالق بهذا الهواء يتكاثف فوق سطحها، ويظهر على شكل نقط صغيرة من الماء. ومن أهم العوامل التي تساعد على تكونه ما يلي:



1. صفاء الجو وعدم وجود السحب أثناء الليل تساعد على تزايد فقدان حرارة الأرض بسرعة.
2. سكون الهواء وضعف حركته، لأنه يساعد على إتاحة الفرصة للأبخرة لكي تتكاثف وتتحول إلى نقط مائية على الأجسام الصلبة.
3. انخفاض درجة حرارة الأجسام الصلبة إلى ما دون نقطة الندى وهذا يعتبر شرط أساسي لحدوث التكاثف(1).

التساقط Precipitation:

يتخذ التساقط أشكالاً عديدة منها المطر والبَردَ والثلج.

1. الأمطار Rainfall

يعتبر هذا العنصر أهم عناصر المناخ التي يجب أن توجه لها عناية خاصة، لأنها الأساس الذي لا يمكن أن تكون هناك أي نوع من أنواع الحياة في العالم بدونه. بالإضافة إلى أهميته في تشكيل سطح الأرض نفسه وما عليها من مظاهر تضاريسية مختلفة.

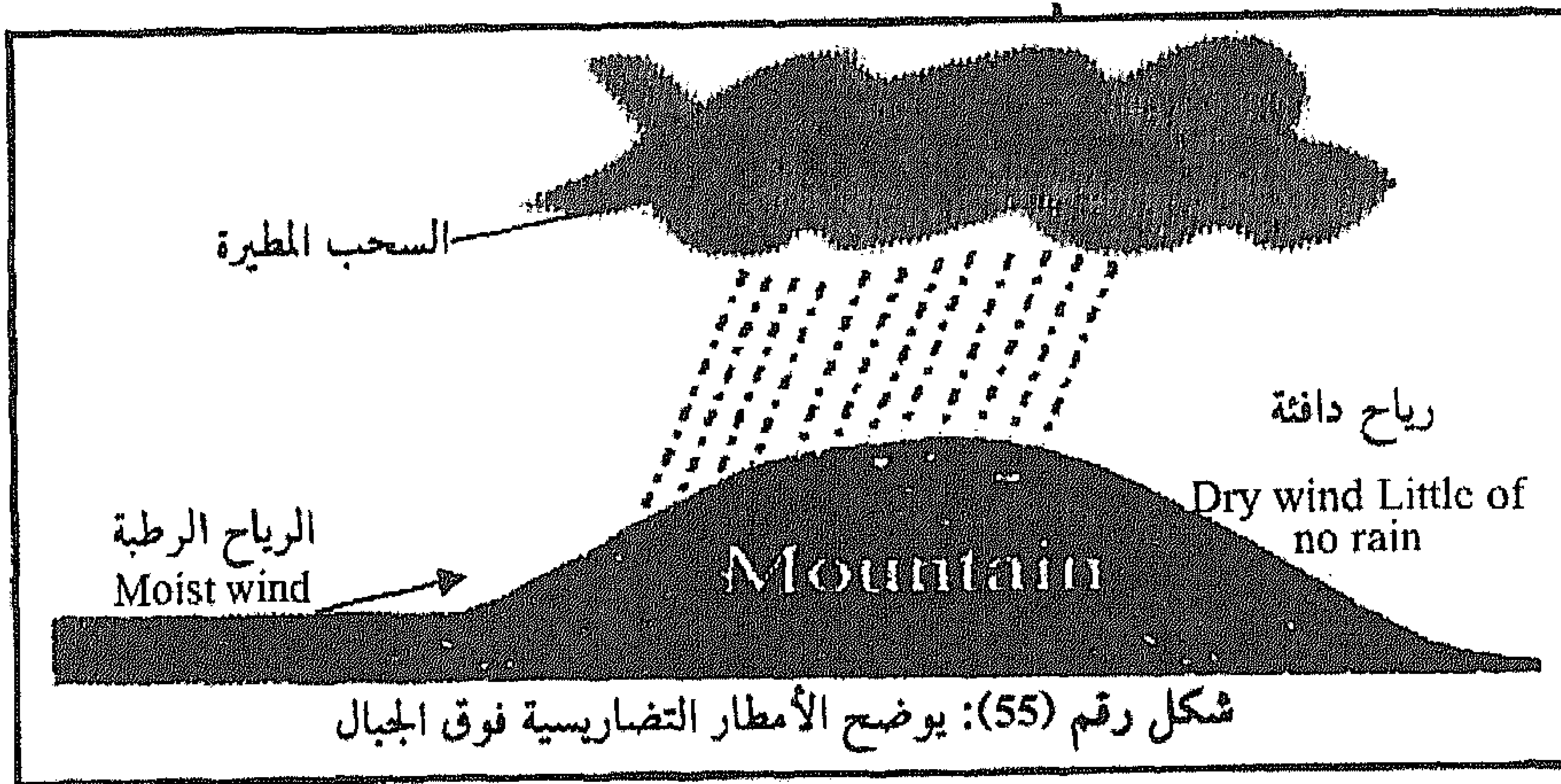
وتسقط الأمطار نتيجة انخفاض درجة حرارة الهواء المحمل ببخار الماء في الطبقات العليا من التروبوسفير إلى ما دون نقطة الندى. ويشترط لسقوطه ما يلي:

أ. أن يكون الهواء محملاً بكمية مناسبة من بخار الماء.

---

(1) Barry, R. G. and A. H. Perry, OP. cit.





شكل رقم (55): يوضح الأمطار التضاريسية فوق الجبال

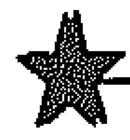
شكل رقم (55): يوضح الأمطار التضاريسية فوق الجبال

ب. أن يرتفع هذا الهواء إلى أعلى حتى تنخفض درجة حرارته لما دون نقطة الندى. وقد يرتفع الهواء إلى أعالي الجو نتيجة التصعيد. الناجم عن تسخين سطح الأرض، أو اعتراض الجبال للرياح أو صعود الهواء الدافئ فوق الهواء البارد عند تقابلهما[1]. وعليه، تقسم الأمطار إلى أنواع ثلاثة هي:

* الأمطار التضاريسية
* الأمطار التصاعدية
* الأمطار الإعصارية

* الأمطار التضاريسية Orographic Rains: ويقصد بها الأمطار الناجمة عن ارتفاع الهواء الرطب على جوانب الجبال، وبرودته ثم تكاثف بخار الماء وسقوطه على الأرض. وتسقط معظم أمطار هذا النوع على

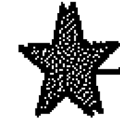
(1) Driscoll, M.; OP Cit.

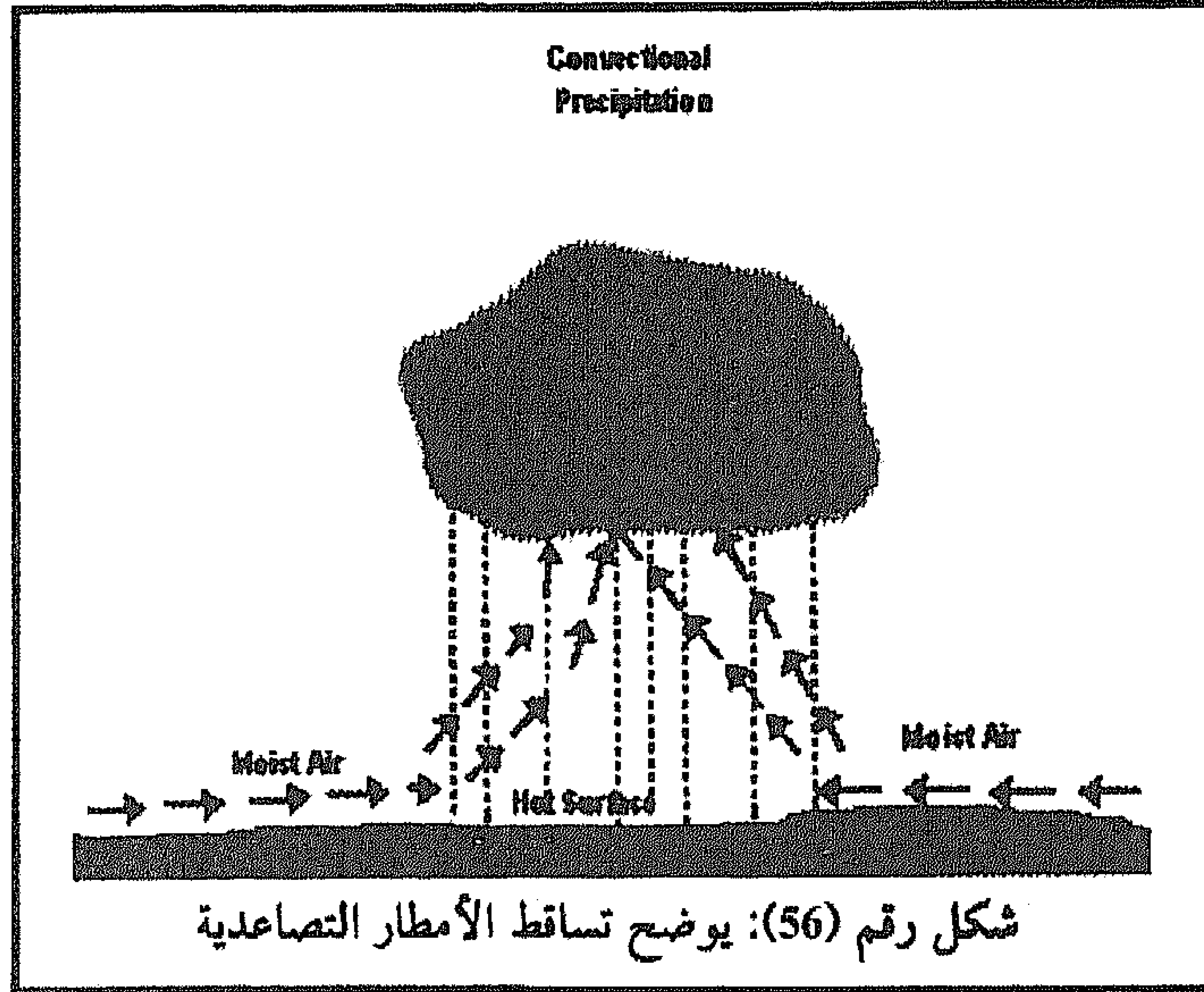


السفوح المواجهة لهبوب الرياح مباشرة كهبوب الرياح الغربية والعكسية على جبال الروكي في أمريكا الشمالية وسفوح جبال بلاد الشام الغربية وجبال الغات Gat الغربية عند هبوب الرياح الموسمية وجبال الهملايا شمال شبه القارة الهندية. أما المناطق الواقعة في ظل المطر فتقل فيها الأمطار مثل السفوح الشرقية في جبال الروكي وجبال الضفة الغربية عند مدينة أريحا في فلسطين. ومن الأمثلة على غزارة الأمطار لهذا النوع من العالم قرية شيرابونبجي الواقعة على السفوح الجنوبية المواجهة لهبوب الرياح الموسمية لجبال خاسي Khasi في بلاد أسام شرقي الهند، وعلى ارتفاع 1350 متراً، حيث وصل معدل سقوط المطر فيها إلى نحو 428 بوصة. وقد حدث أن سقطت على هذه القرية 900 بوصة عام 1861م. ويأتي أغلبها في فصل الصيف نتيجة اندفاع الرياح الموسمية نحوها من خليج البنغال[1].

* الأمطار التصاعدية (الانقلابية) Convectional Rain: وتنجم هذه الأمطار عن تسخين سطح الأرض، وارتفاع الهواء على شكل تيارات هوائية صاعدة. فإذا كان هذا الهواء الصاعد محملاً ببخار الماء، فإنه يبرد ويتكاثف في أعلى طبقة التروبوسفير، وبالتالي تتكون سحب المُزن الركامي التي ينهمر منها المطر بغزارة، ويكون مصحوباً غالباً بعواصف رعدية، وتتوقف غزارة هذا النوع من الأمطار على كمية بخار الماء التي تحملها التيارات الهوائية وعلى مدى نشاط هذه التيارات الصاعدة وأخيراً على درجة حرارة الطبقات التي تتجمع فيها السحب.

(1) Ibid. P. 218.



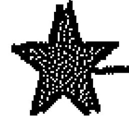


شكل رقم (56): يوضح تساقط الأمطار التصاعدية

وتسود هذه الأمطار في معظم العروض الاستوائية كسهول السودان وحوض الكونغو وهضبة البحيرات الإفريقية وحوض الأمازون وغيرها.

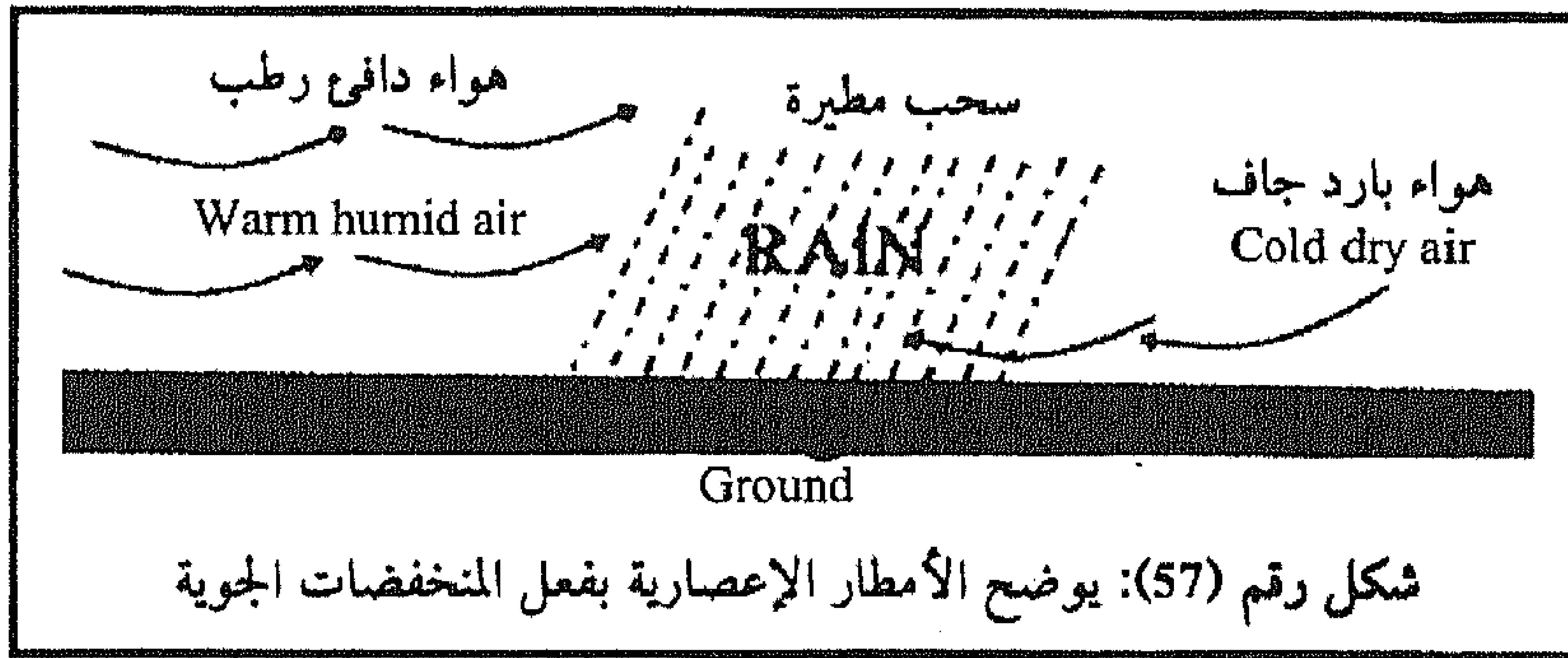
وغالباً ما تكون أمطار السهول الاستوائية أكثر غزارة من أمطار الهضاب الاستوائية، الواقعة في نفس خطوط العرض. وذلك بسبب نشاط التيارات الهوائية الصاعدة في السهول أكثر منها على الهضاب؛ وذلك بسبب اختلاف درجة الحرارة بينهما. وهذا يفسر اختلاف سقوط المطر بين حوض الكونغو والبالغة نحو 180 سم، وهضبة البحيرات والبالغة نحو 100 سم.

كما تعتبر أمطار الصحاري من أبرز الأمثلة على الأمطار التصاعدية، حيث تنهمر بشكل فجائي وبغزارة شديدة، تؤدي إلى حدوث سيول جارفة. وتوقع خسائر كبيرة في المنشآت الزراعية والعمرانية في منطقة الواحات كما صفة مدينة معان الأردنية عام 1966م.



* الأمطار الإعصارية Cyclonic Rain: ويقصد بهذا النوع من الأمطار تلك الأمطار الناجمة عن المنخفضات الجوية في نطاق الرياح الغربية، كما هي الحال في غرب أوروبا وحوض البحر المتوسط وأمريكا الشمالية. كما يوجد أيضاً في بعض الأقاليم الحارة التي تتعرض للأعاصير المدارية.

قال تعالى: ﴿ وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُّبَارَكًا فَأَنبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ ﴿٩﴾ وَالنَّخْلَ بَاسِقَاتٍ لَّهَا طَلْعٌ نَّضِيدٌ ﴿١٠﴾ رِّزْقًا لِّلْعِبَادِ وَأَحْيَيْنَا بِهِ بَلْدَةً مَّيْتًا كَذَلِكَ الْخُرُوجُ ﴾ الآيات 9 و10 و11 سورة ق.



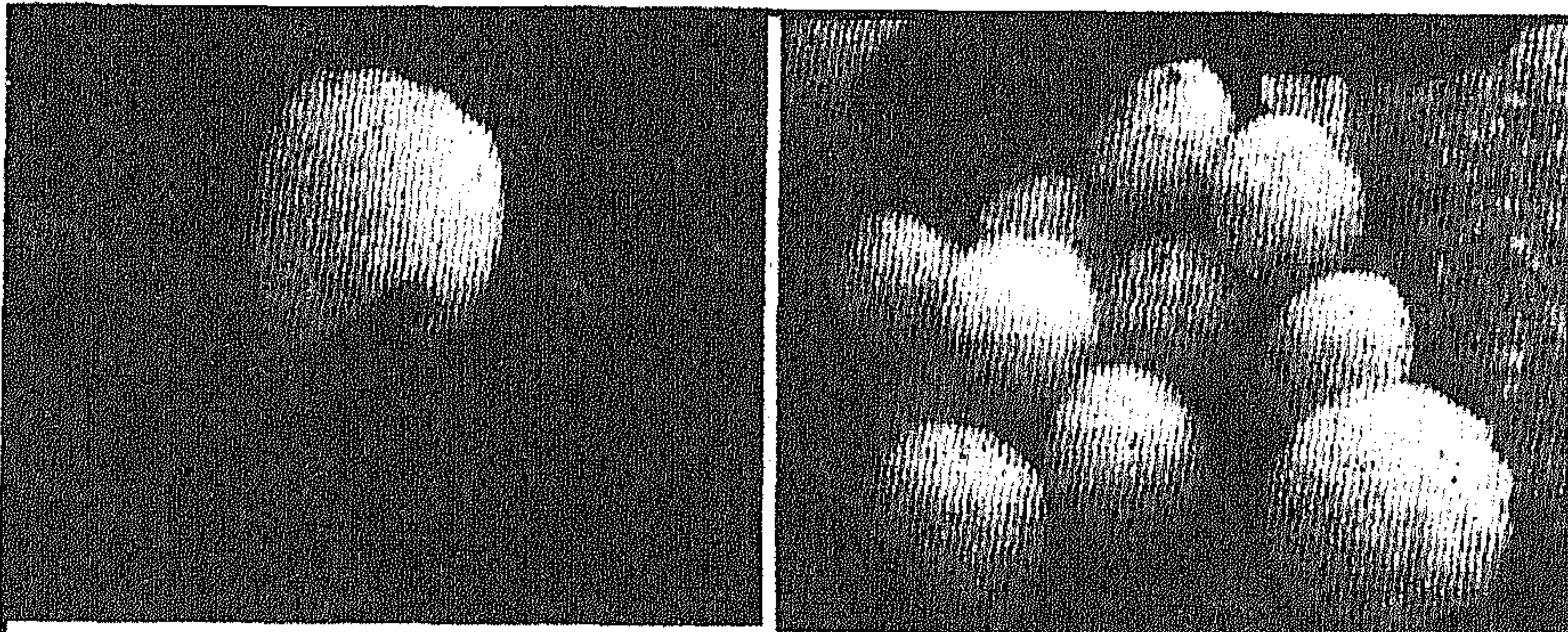
شكل رقم (57): يوضح الأمطار الإعصارية بفعل المنخفضات الجوية

وتتسم هذه الأمطار بسقوط خفيف في مقدمة المنخفضات الجوية، ثم تزداد نسبياً عند مرور الجبهة الدفيئة، كذلك عند مرور قلب المنخفض، كما أنها لا تلبث أن تنهمر بغزارة عند مرور الجبهة الباردة، وتكون مصحوبة برياح شمالية قوية، وبحدوث برق ورعد شديدين، ثم تأخذ بالتناقص تدريجياً كلما ابتعد المنخفض الجوي حتى تنتهي ويصفو الجو. وتتوقف كمية المطر وغزارته على عنف المنخفض الجوي أو الإعصار. أو على موقع المكان بالنسبة للقطاعات المختلفة للمنخفض. كما يشمل هذا النوع من الأمطار التي تصاحب الأعاصير المدارية أو العواصف الدوارة[1].

(1) Geiger, R. ; The Climate Near the Ground, Cambridge Press, Harvard University Press, 1965.

2. البرد Hail

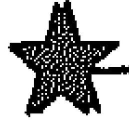
هو عبارة عن حبات مستديرة من الثلج بقطر يصل إلى نحو 1.5 سم، وأحياناً يكبر ليزيد عن 10 سم^{3}، أو تتكون هذه الحبات نتيجة لتكاثف بخار الماء في سحب المزن الركامي. وهي السحب التي يرتبط تكونها بحدوث التيارات الهوائية الصاعدة، وتكاثف بخار الماء في سمك كبير قد يصل إلى 15 كم أو 45 ألف قدم. ويبدأ تكون هذه السحب بشكل عام بتكاثف بخار الماء الذي تحمله التيارات الهوائية الصاعدة إلى ذرات دقيقة جداً من الماء في الطبقة السفلى من السحاب أو إلى بلورات صغيرة من الثلج في الطبقة العليا. أما الطبقة الوسطى من السحابة فيكون التكاثف فيها على شكل نقط مائية فوق سطح بارد أقل من الصفر المئوي ولكنها غير متجمدة. ويستمر نمو مكونات السحابة في طبقاتها الثلاث، ويزيد حجمها جميعاً ثم ينهمر المطر من الطبقة السفلى، وتتساقط بلورات الثلج من الطبقة العليا، لكن عند مرورها بالطبقة السفلى، (منطقة فوق التبريد) تصطدم بنقط الماء البارد، وتتحول هذه الأخيرة إلى ثلج يندمج مع البلورات المتساقطة، فتنمو ويزيد حجمها باطراد، وعندئذ تتساقط بسرعة باتجاه سطح الأرض حيث تعرف بالبَرَد.



أشكال البرد في سهول استراليا شبه الجافة 2004

أشكال البرد في سهول البراري الكندية عام 2005

شكل رقم (58): يوضح أشكال البَرَد في أستراليا وكندا



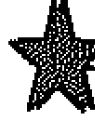
فعند بدء تكون السحابة من المزن الركامي يؤدي هذا إلى رفع حرارة الهواء داخل السحابة بالنسبة للهواء المحيط بها. وهذا يساعد على نشاط صعود الهواء داخل السحابة (التيارات الصاعدة)، وتحمل هذه التيارات معها إلى أعلى نقطاً من الماء فوق المبرد، حتى إذا ما وصلت إلى الطبقة العليا من السحابة تجمدت، وبالتالي تتكاثف عليها عدة أغلفة من الثلج،وتنمو ويكبر حجمها وعندئذ تسقط نحو الأرض كبرد أيضاً.

ويترتب على استمرار تساقط الثلج من أعلى سحابة المزن الركامي، والمطر من أسفلها أن تضمحل تدريجياً ويقل التساقط منها، ثم يتكون غيرها وينمو ويضمحل وهكذا....

كما يندر سقوط البَرَد في المناطق القطبية لعدم وجود تيارات هوائية صاعدة في تلك الجهات. كما أنه لا يسقط في المناطق الاستوائية بالرغم من وجود التيارات الهوائية الصاعدة وسحب المزن الركامي. ويعزى ذلك إلى ارتفاع حرارة الهواء في الطبقات السفلى منه، وانصهار حبات البَرَد قبل وصولها الأرض وتحولها إلى مطر.

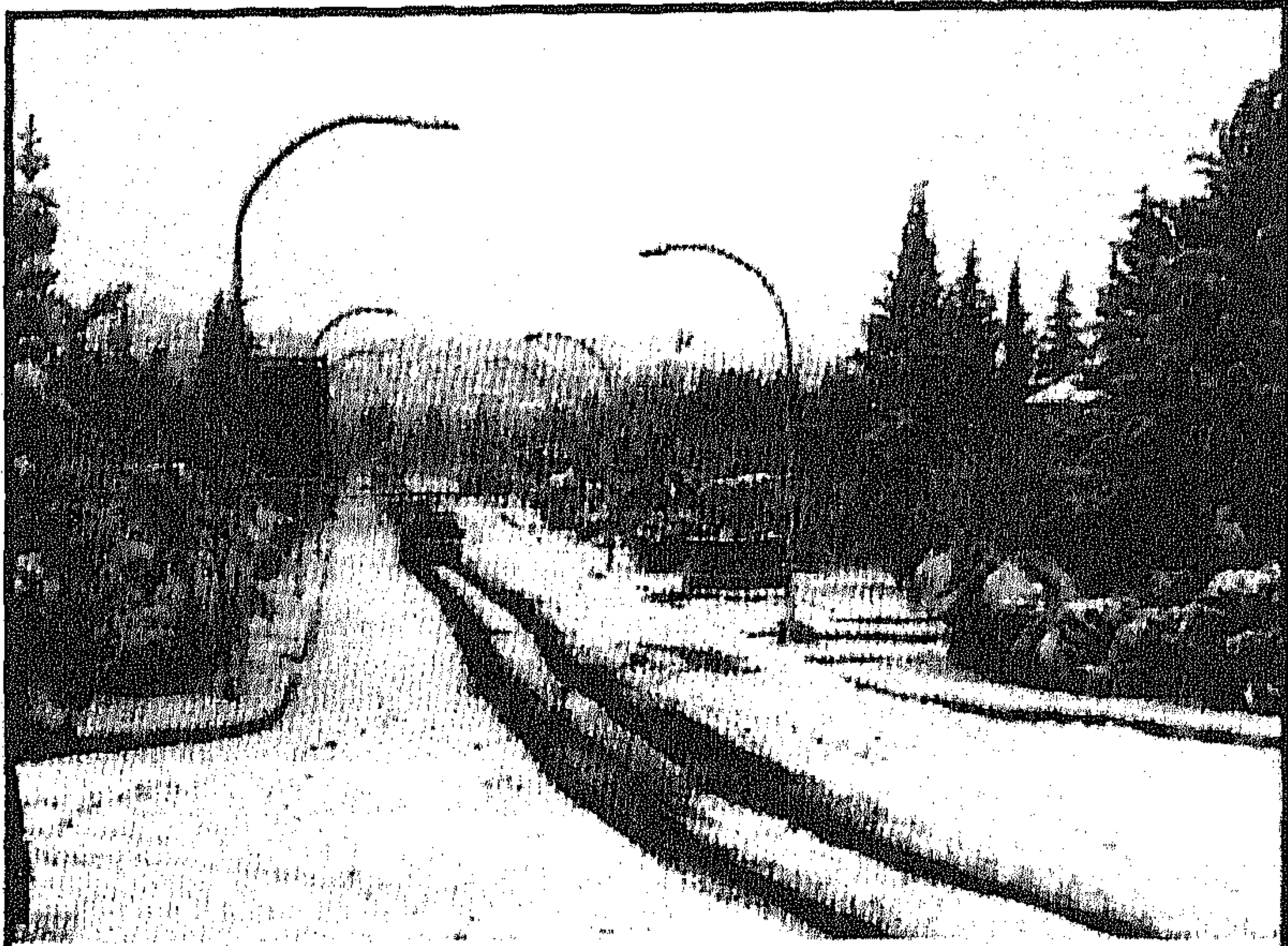
وللبَرَد آثار سلبية للغاية على المحاصيل الزراعية لا تقل عن آثار الصقيع والثلج[1]. ولكنه يحدث في المناطق المدارية كأواسط المملكة العربية السعودية (كالقصيم)، وشرقها بالقطيف والأردن، حيث وجدت في السعودية حبة البَرَد عام 1982م حجمها أكبر من حبة البرتقال، وإلى حجم حبة الفول في القدس عام 1959م والكويت عام 1955م.

(1) د. علي حميدان،كلية الشريعة بالإحساء، دراسات ميدانية بالإحساء، 1982م.



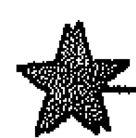
3. الثلـج Snow

ويُعتبر الثلج أحد مظاهر التكاثف الصلبة التي تحدث في الهـواء، إذا بلغـت نقطة الندى درجة الصفر أو دونها. وهو يتكون بصـورة بلـورات رقيقـة مختلفـة الشكل، يصل قطر الواحـدة منهـا إلى أقـل مـن السـنتمتر. وقـد تتماسـك عـدة بلورات مع بعضها وتمتد بنمـو قطرهـا، ولكنـه لا يزيـد عـن البوصـة. وعندئـذٍ تتساقط نحو سطح الأرض وتبدو عنـد سـقوطها كالقشـور أو كأهـداب الـريش الأبيض.



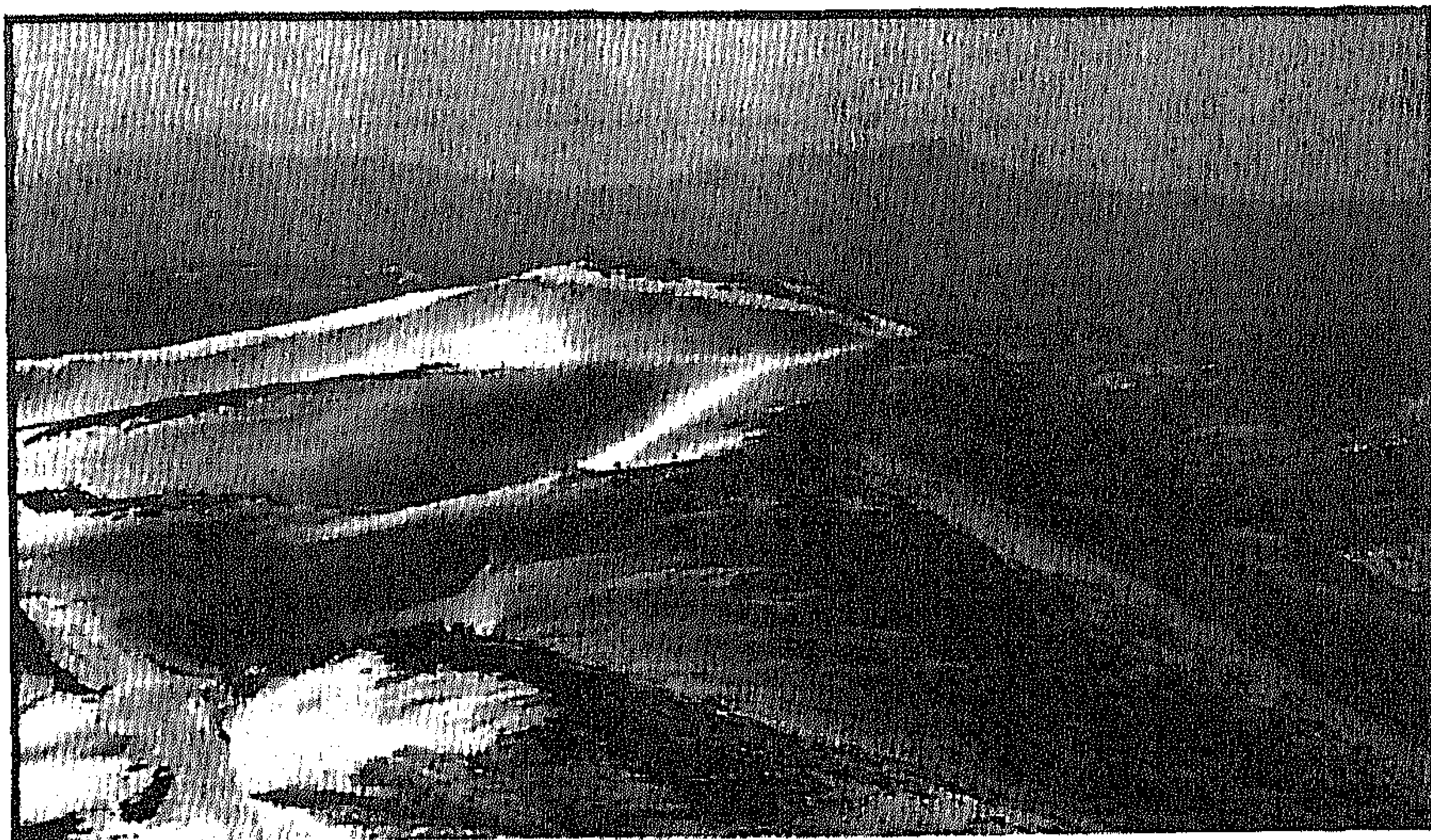
شكل رقم (59): يوضح تراكم الثلوج على الطرقات

ويسقط الثلج في الجهات الباردة شتاءً، وعندئذٍ يغطي سـطح الأرض ومـا عليه من أجسام بطبقة يتفاوت سمكهـا مـن بضـعة سـنتيمترات إلى عـدة أمتـار. وتكون في أول أمرها هشة لاحتوائهـا علـى بعـض الهـواء، ولكنهـا سـرعان مـا تتماسك مكونة طبقة من الجليد Ice الصلب، تؤدي إلى هبـوط درجـة الهـواء إلى الصفر أو دونه. كما تعكس نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي. وتختلف مدة بقـاء



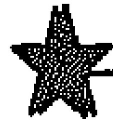
الثلج المتساقط على سطح الأرض قبل ذوبانه من مكان إلى آخر. ولكن بوجه عام تزيد باتجاه القطبين، كما أنها تزيد فوق قمم المرتفعات مع زيادة الارتفاع.

ويؤدي ذوبان الثلج أو الجليد فوق قمم الجبال أثناء فصلي الربيع والصيف، إلى حدوث الانهيارات الجليدية أحياناً. وكذلك فيضان الأنهار التي تنبع من الجبال ويعرف حد الجليد الدائم فوق قمم الجبال باسم خط الثلج الدائم Snow – Line، ويقل ارتفاعه كلما تقدمنا من خط الاستواء نحو القطبين، غير أنه يتأثر في الواقع بعوامل أخرى عدا خط العرض، ومنها كمية الثلوج المتراكمة على المرتفعات، ثم نوع وطبيعة الرياح السائدة في مناطق الجبال، وكذلك درجة تعرض السفوح لأشعة الشمس. فعلى السفوح المواجهة للرياح الرطبة والسفوح المحمية من أشعة الشمس، نجد أن خط الثلج الدائم يكون أقل ارتفاعاً منه على السفوح المواجهة للرياح وأشعة الشمس[1].



شكل رقم (60): يوضح تراكم الثلوج فوق إحدى القمم الجبلية وبجانبها أحد المجاري المائية المتجمدة

(1) Romney, G. R.; OP. cit.



وقد ينجم عن تساقط الثلوج في المناطق السهلية والمأهولة بعض الأضرار المادية كقطع أسلاك البرق وتعطيل سبل النقل والمواصلات. كما يترتب على تساقطها أو ترسبها فوق أجسام الطائرات أثناء طيرانها حدوث اختلال في توازنها وضعف في قدرتها على الحمل والطيران.

وعليه يفضل الطيار عادةً الارتفاع فوق مستوى السحب، خاصةً إذا كانت من النوع الركامي ذي النمو الراسي الكبير، وذلك تجنباً للتكاثف بوجه عام. وتساقط الثلج على جسم الطائرة وخاصة أجنحتها. وقد تزود بعض الطائرات بأجهزة خاصة لإزالة بعض ما قد يترسب من الثلج عليها، أو قد تُطلى حواف الأجنحة بأنواع معينة من المعاجين تمنع هذا الترسب.

نظام سقوط الأمطار

يجب أن نولي أهمية عند دراسة هذا العنصر المناخي من حيث كمية توزيع الأمطار على مدار العام، لما لذلك من أهمية كبيرة في تحديد القيمة الفعلية لهذه الكميات. وأهم هذه النظم ما يلي:

أ. النظام الاستوائي، وتمثله مناوْس في البرازيل.

ب. النظام شبه الاستوائي، وتمثله منجلاً شمال جوبا.

ج. النظام المداري السوداني، وتمثله بلدة الدويم (غرب وادي مدني).

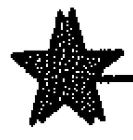
د. النظام الموسمي، وتمثله بومبي.

هـ. النظام الصيني، وتمثله شنغهاي.

و. نظام البحر المتوسط،وتمثله أزمير.

ز. النظام القاري، وتمثله كييف.

ح. نظام غربي أوروبا،وتمثله مدينة ليمارك في إيرلندا.



أ. النظام الاستوائي: ويسود هذا النظام المطري في المناطق الواقعة ما بين خطي عرض 5° شمالاً وجنوباً لخط الاستواء، وتمثله مدينة مناؤس في البرازيل في حوض الأمازون. كما يتراوح المعدل السنوي للمطر فيه ما بين 150 – 250 سم.

ب. النظام شبه الاستوائي: ويظهر في المناطق الواقعة بين خطي عرض 5° و 8° تقريباً في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي. وتتراوح أمطاره ما بين 100-150 سم، وتمثله بلدة منجلاً شمال جوبا في جنوب السودان.

ج. النظام المداري السوداني: ويسود في المناطق الواقعة ما بين خطي عرض 8 و18 شمالاً وجنوباً لخط الاستواء. وتسقط كل أمطاره في فصل الصيف، وتمثله بلدة الدويم على النيل الأبيض في السودان وتتراوح كمية الأمطار ما بين 50- 100 سم. حيث تقع للغرب مباشرةً من بلدة وادي مدني[1].

د. النظام الموسمي: وتسقط معظم أمطاره صيفاً، وتمثله مدينة بومبي في الهند، ويتراوح معدل سقوط المطر في هذا الإقليم ما بين 150 – 300 سم في العام.

هـ. النظام الصيني: ويظهر في نفس العروض التي يظهر فيها نظام البحر المتوسط، ولكن على السواحل الشرقية للقارات. وتسقط أمطاره طيلة العام تقريباً بفعل الرياح الموسمية أو الرياح التجارية التي تهب على هذه السواحل من ناحية البحر. أما في فصل الشتاء فتسقط بسبب المنخفضات الجوية القادمة من ناحية الغرب، حينما تدخل هذه السواحل ضمن نطاق الرياح الغربية. ولكن أمطاره الصيفية تكون

(1) Miller, A.; OP. Cit.

أغزر بكثير من أمطاره في الشتاء. وتمثله مدينة تشونكينج Chung King، حيث يتراوح المعدل ما بين 100-200 سم.

و. نظام البحر المتوسط: وتسقط معظم أمطاره في فصل الشتاء، ويقع ما بين خطي عرض 30 و 40 شمالاً وجنوباً من خط الاستواء. وذلك بفعل الرياح الغربية (العكسية) والمنخفضات الجوية التي تكثر في نطاقها. ويتمثل في حوض البحر المتوسط وتمثله بلدة أزمير في تركيا، حيث يتراوح معدل المطر فيه ما بين 50-150 سم.

ز. النظام القاري: ويوجد في الأجزاء الداخلية من القارات. ويقع ضمن نطاق الرياح الغربية كما تسقط معظم أمطاره في فصلي الصيف والربيع. وذلك لكون اليابس مركزاً لضغط منخفض. ولهذا فإن الرياح الغربية والمنخفضات الجوية تستطيع التوغل كثيراً في اليابس. كما تسقط بعض أمطار هذا النظام بسبب التيارات الهوائية الصاعدة والتي تنشط في فصلي الربيع والصيف نتيجة اشتداد حرارة اليابس. ويتمثل في وسط وشرق أوروبا وآسيا والسهول الوسطى لأمريكا الشمالية. وتمثله مدينة كييف في جمهورية أوكرانيا. حيث يتراوح معدل أمطاره السنوية ما بين 100-150 سم.

ح. نظام غربي أوروبا: ويوجد على السواحل الغربية للقارات إلى الشمال من نظام البحر المتوسط في نصف الكرة الشمالي، وإلى الجنوب منه في نصفها الجنوبي. أي ما بين خطي عرض 40° و 60° شمالاً وجنوباً. وتسقط أمطاره طيلة العام بمعدل يتراوح ما بين 100-250 سم، بفعل الرياح الغربية والمنخفضات الجوية. ويتمثل في السواحل الغربية لأوروبا وشمال غرب أمريكا الشمالية وجزيرة فانكوفر، وتمثله مدينة ليمارك على الساحل الغربي لإيرلندا[1].

(1) Bryson, R.; A Perspective on Climatic Change, Science, 184, 1974, PP. 753-60.

ملم
125
0
ليمارك (غرب أوروبا)

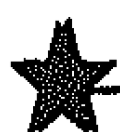
ملم
125
0
كييف قاري

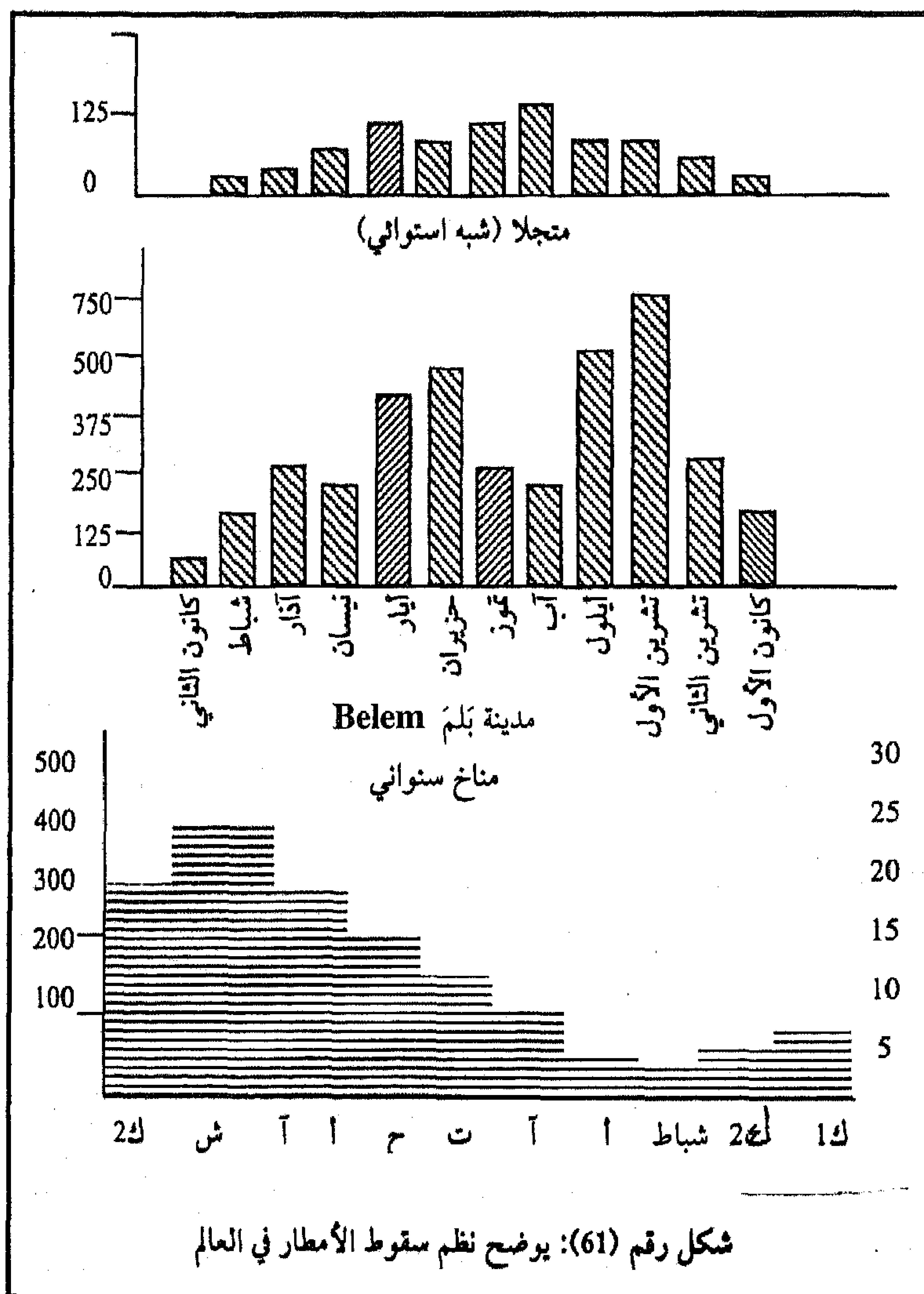
ملم
125
0
أزمير (بحر متوسط)

ملم
125
0
تشونكنج (صيني)

750
500
375
250
125
0
بمباي (موسمي)

125
0
الدويم (سوداني)





شكل رقم (61): يوضح نظم سقوط الأمطار في العالم

التوزيع الجغرافي للأمطار

يتأثر توزيع الأمطار على سطح الأرض من مكان لآخر بعدة عوامل أهمها:

1. وجود المسطحات المائية.
2. درجة العرض.



3. التضاريس.

4. اتجاه الرياح ونوع الهواء الذي تأتي به.

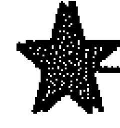
ويقسم سطح الأرض بناءً على معدلات المطر إلى عدة نطاقات كبرى أهمها:

أ. النطاق الاستوائي: وهو أكثر مناطق العالم أمطاراً، حيث يصل معدل أمطاره أكثر من 150 سم. وهي أمطار تصاعدية تسقط كل يوم تقريباً فيما بعد الظهر بغزارة شديدة.

ب. النطاق المداري: ويسود في المناطق الواقعة بين خطي عرض 20 و30 شمالاً وجنوباً لخط الاستواء، حيث يتأثر بالرياح الموسمية والرياح التجارية، وتكون السواحل الشرقية لهذا النطاق أغزر مطراً من المناطق الداخلية أو الغربية. وذلك لأن الرياح التجارية والموسمية التي تهب على هذا النطاق تكون قد ألقت حمولتها من الأمطار؛ وبالتالي تصل للأطراف الغربية شبه جافة. وهذا هو السبب في أن أغلب الصحارى المدارية في العالم تقع في غرب القارات؛ ومن أشهرها صحراء كلهاري وصحراء ناميبيا وصحراء ثار وصحراء غوبي وأريزونا.

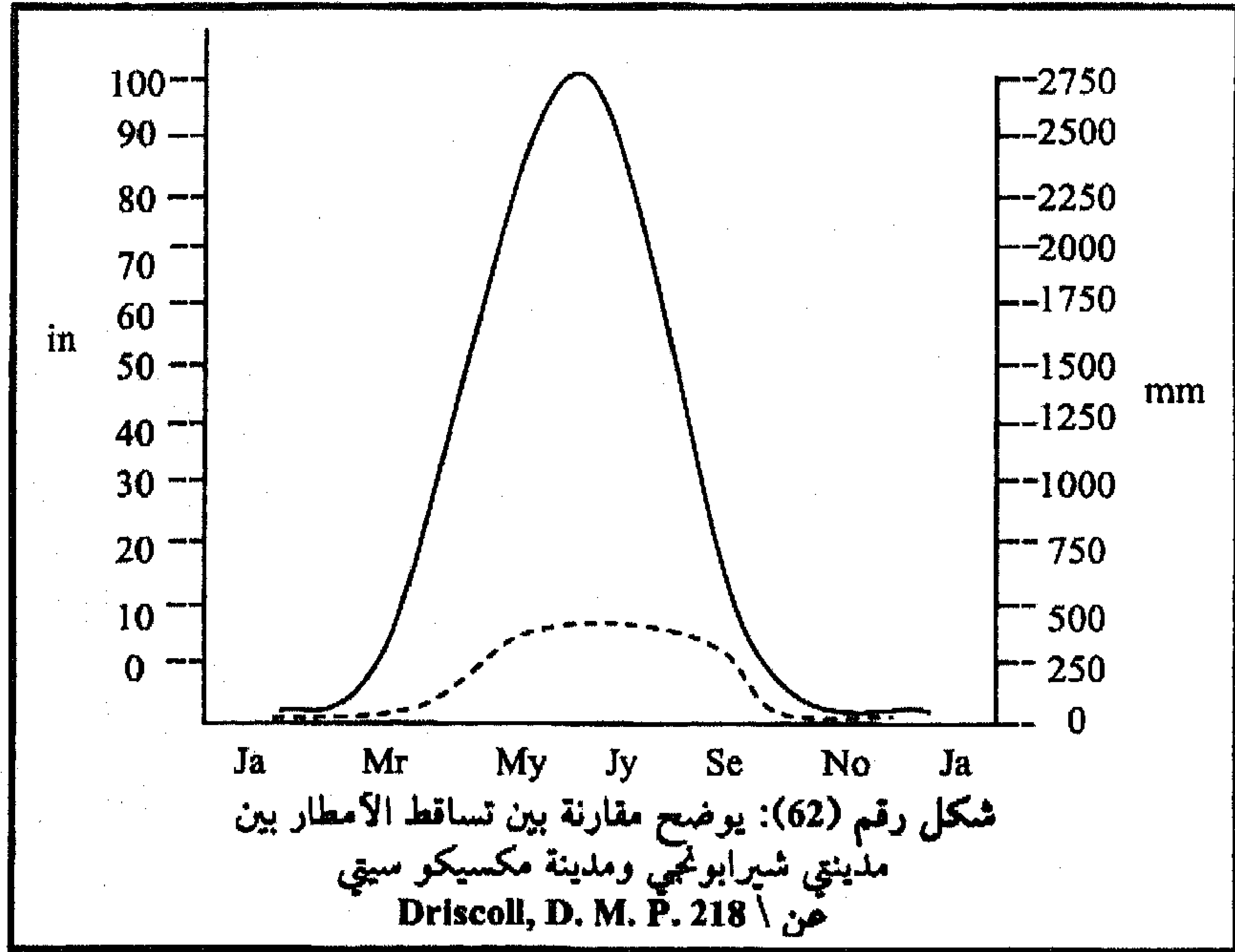
ومن أشهر محطات رصد الأمطار في العالم مدينة شيرابونجي التي بلغ مجموع كمية الأمطار فيها نحو 2750 ملمتراً في العام، مقارنةً بكمية الأمطار الساقطة في مدينة مكسيكو سيتي والبالغة أقل من 200 ملمتر في العام (شكل 62).

ج. النطاق المعتدل: ويقع بين خطي عرض 40° و55° شمالاً وجنوباً لخط الاستواء. فهي مناطق مطيرة لكثرة تعرضها للمنخفضات الجوية. وتغزر



الأمطار في هذا النطاق جنوب خط الاستواء أكثر من شماله، وذلك بسبب اتساع مساحة المسطحات المائية أكثر من اليابس جنوب خط الاستواء. وتسود فيه الغربيات أو الرياح الغربية التي تحدث فيها المنخفضات الجوية قال تعالى: ﴿ وَٱللَّهُ ٱلَّذِىٓ أَرْسَلَ ٱلرِّيَٰحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَسُقْنَٰهُ إِلَىٰ بَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَحْيَيْنَا بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا ۚ كَذَٰلِكَ ٱلنُّشُورُ ﴾ الآية 9 سورة فاطر.

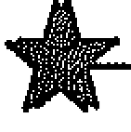
د. النطاق القطبي وشبه القطبي: وهي المناطق الواقعة بعد خط عرض 55° شمالاً وجنوباً لخط الاستواء، حيث تتناقص كمية الأمطار بعد هذه الدائرة العرضية وذلك بسبب تعرض تلك المناطق لضغط جوي مرتفع[1].



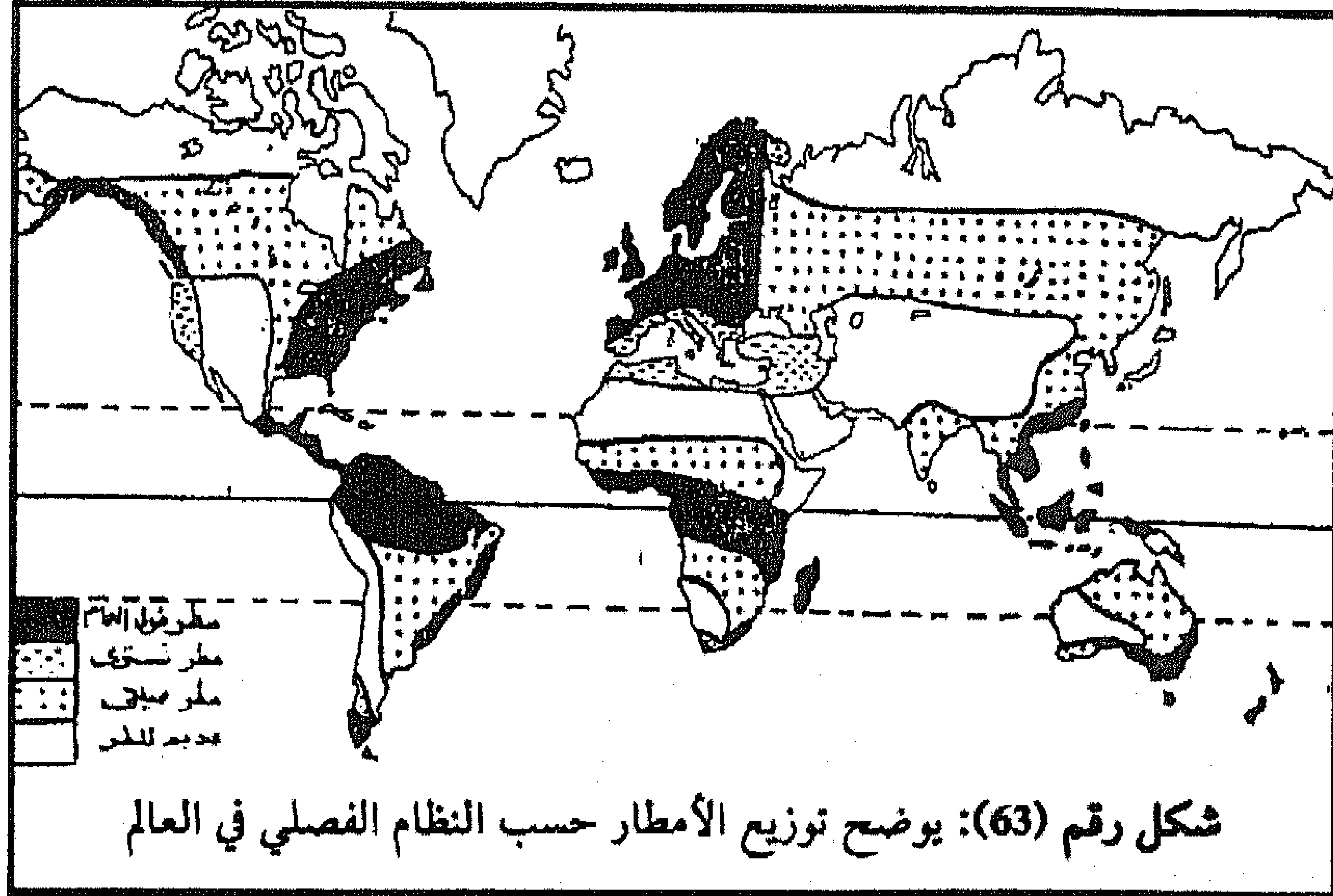
شكل رقم (62): يوضح مقارنة بين تساقط الأمطار بين مدينتي شيرابونجي ومدينة مكسيكو سيتي
عن \ Driscoll, D. M. P. 218

وتتوزع الأمطار في العالم حسب النظام الفصلي، منها أمطار طيلة العام بالمناطق الاستوائية وأمطار تسقط في الشتاء كأمطار البحر المتوسط، وأخرى

(1) Miller, A.; OP. Cit.



تسقط حسب النظام السوداني في الصيف، وأخرى تسقط في جنوب شرق آسيا في الصيف والشتاء، وأمطار تسقط في غرب أوروبا طيلة العام، وأخرى في شرق أوروبا في فصلي الربيع والصيف. وأخيراً الأمطار الخفيفة في النظام الصحراوي الجاف. كما يوضح الشكل رقم (63) توزيع أقاليم المطر في قارات العالم المختلفة والتي تم رصدها وجمعها لعدة عقودٍ خلت من السنين.



شكل رقم (63): يوضح توزيع الأمطار حسب النظام الفصلي في العالم

أجهزة قياس المطر

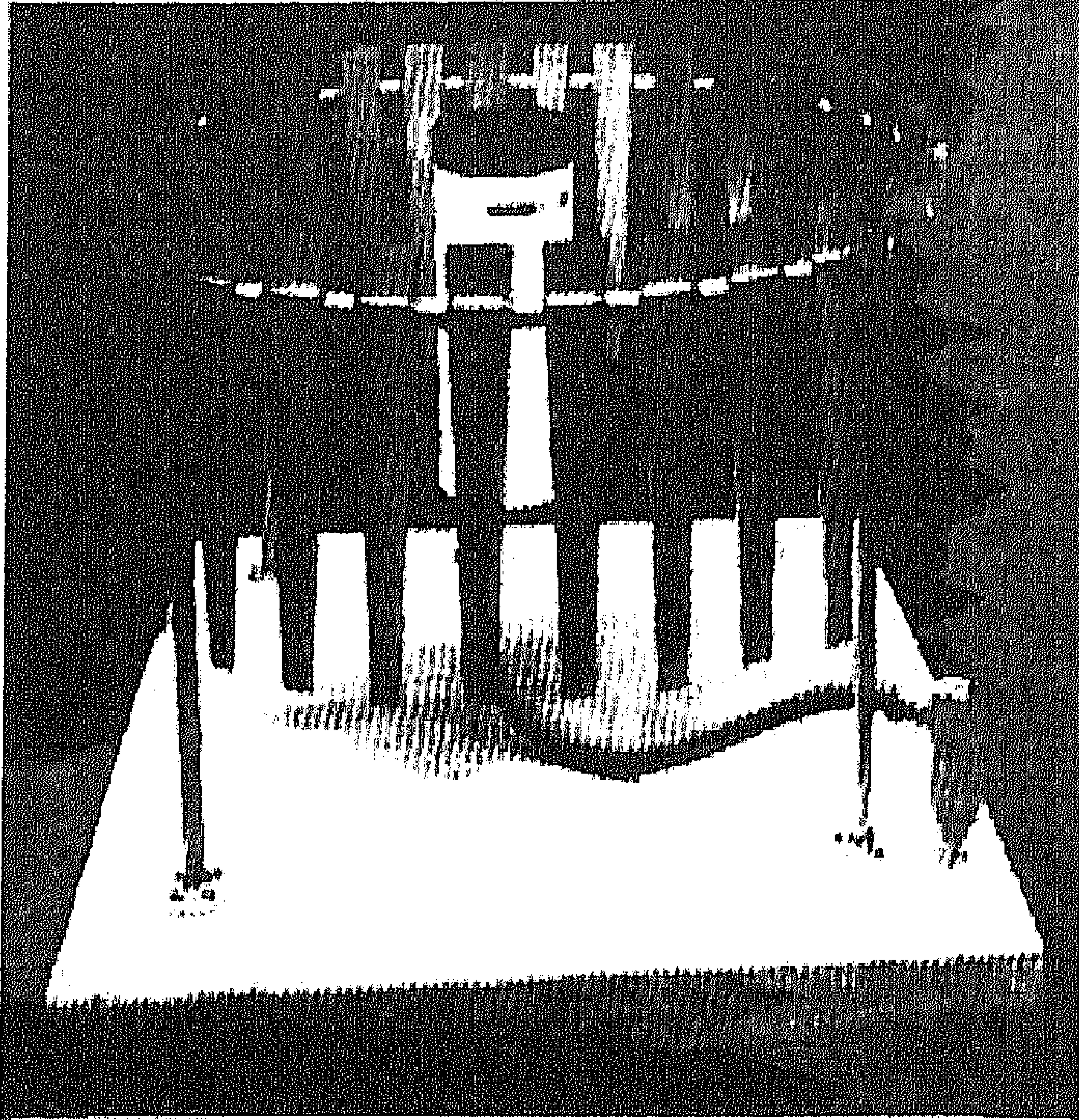
تستخدم في قياس المطر أجهزة خاصة، وأبسطها وأكثرها انتشاراً هو الجهاز القياسي Rain Gage المستخدم في أغلب محطات الرصد الجوي. وأهم أجزائه هي:

أسطوانة معدنية قطرها المعتاد نحو 20 سم، وبداخلها قمع مركب فوق إناء لجمع الماء المتجمع، وقد يوضع المخبار داخل الأسطوانة بدلاً من الإناء بحيث يتجمع فيه ماء المطر مباشرة.

ويوضع الجهاز دائماً في العراء،ويدل ارتفاع الماء الذي يتجمع في المخبار

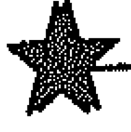


على كمية المطر التي سقطت. وهي تحسب إما بالمليمترات أو البوصات. وقد ظهرت أنواع منقحة يمكن أن تسجل بواسطتها كمية المطر الساقطة بطريقة آلية.

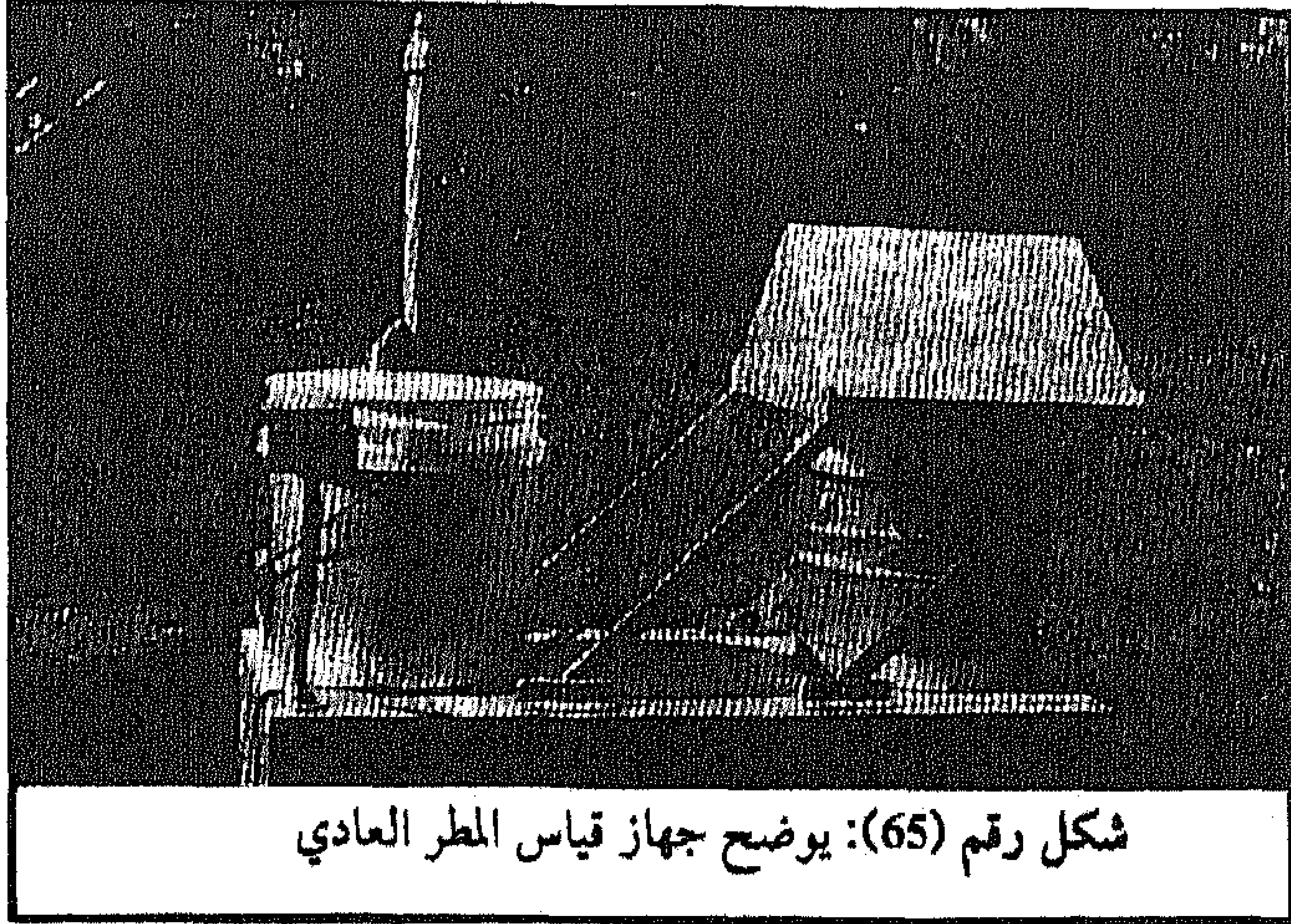


شكل رقم (64): يوضح جهاز قياس المطر سهل الاستخدام

وهناك نوعا من هذه الأجهزة، يعرف النوع الأول منها بالجهاز ذو الدلو المائل Tripping Bucket Gage. وهو دلو صغير موضوع بميل بحيث يمكنه أن يفرغ نفسه آلياً كلما تجمع فيه مقدار من المطر يعادل ربع ملمتر. وتؤدي حركته عند التفريغ إلى توصيل دائرة كهربائية يتحرك بمقتضاها ذراع في طرفه سن ريشة، توضح به كل مرة من مرات التفريغ على لوحة خاصة. ويمكن على هذا الأساس حساب مجموع كمية المطر التي سقطت. أما النوع الثاني فيعرف باسم ميزان المطر Weighing Type Gage، وهو مزود بميزان خاص يمكنه أن يزن



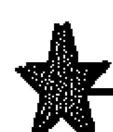
بطريقة آلية أية كمية من المطر؛ يستقبلها الجهاز ويسجل الوزن بطريقة آلية على لوحة خاصة، بواسطة سن ريشة مثبت في نهاية ذراع يتحرك تبعاً للوزن الذي يبينه الميزان.



شكل رقم (65): يوضح جهاز قياس المطر العادي

الفصل السابع

الجفاف: أسبابه، نتائجه ومكافحته



الفصل السابع

الجفاف: أسبابه، نتائجه ومكافحته

مقدمة.

توزيع الأراضي الجافة بالعالم.

السمات الطبيعية للتربة والغطاء النباتي في الأراضي الجافة.

النبات الطبيعية.

الأسباب التي أدت لتكوين الصحاري (الأرضي الجافة).

الطرق والوسائل الكفيلة بمكافحة الجفاف والتصحر.

الفصل السابع

الجفاف: أسبابه، نتائجه ومكافحته

مقدمة

يُعتبر المناخ من عناصر البيئة الطبيعية التي تقود إلى سمات وخصائص البيئة الطبيعية الجافة. حيث أنه يتحكم في الكيفية التي تتفاوت فيها ظاهرات السطح والتربة والحياة النباتية. كما تعتبر قدرة المياه في الطبقة العليا من الصخور، وفي الرواسب السطحية للتربة من العوامل الأساسية التي تحدد نمط استغلال الأرض وتنميتها.

وتعاني المناطق الجافة وشبه الجافة من عجز شديد من موارد المياه العذبة، اللازمة لتخضير بعض الجيوب الأرضية فيها، والمناسبة للاستغلال الزراعي. وذلك يعزى لتزايد درجات الحرارة العالية باطراد نسبياً ما بين 55° إلى 65° مئوية، وبالتالي اطراد معدلات التبخر، الأمر الذي أدى ويؤدي إلى خلوها من الغطاء النباتي، المعروف في المناطق المعتدلة والباردة الأخرى من العالم. وعليه، فمن الخطأ تعريف الجفاف بناءً على عنصر واحد من عناصر البيئة الطبيعية الجغرافية، ومع العلم أن المتوسط السنوي لكمية التساقط كانت تؤخذ باستمرار كمؤشر بسيط لخاصية الجفاف، في أية منطقة في العالم. فقد اعتبر بعض الدارسين أن خط المطر المتساوي (125 ملمتراً) هو الحد الداخلي للمنطقة الجافة.

فالجفاف، هو محصلة العلاقة بين المطر والحرارة والتبخر والنتح، وليس المطر وحده هو المؤثر الوحيد في هذه الظاهرة المناخية، بل أن هناك درجة الحرارة ومعدل التبخر والنتح لهما دور بارز ومحسوس في تكوين ونشوء منطقة الجفاف.

ونتيجةً لسيادة هذه الظاهرة المناخية في معظم الأراضي، التي تندرج ضمن المناطق الصحراوية الجافة وشبه الجافة، فتصبح كثافة السكان فيها جدُّ منخفضة، وبالتالي تجعلها شبه خالية من الحياة البشرية إلا إذا توافرت الواحات فيها.

توزيع الأراضي الجافة بالعالم

تعرف الصحاري بأنها الأراضي القاحلة التي تقل فيها كمية الأمطار عن 125 ملمتراً. أي أن معدل تساقط المطر السنوي فيها لا يزيد عن 4 ملمترات فقط في بعض الصحاري الشديدة الجفاف، بينما تصل معدلات التبخر اليومي فيها لأكثر من 10 ملمترات أو ما يوازي 3600 ملمتراً في العام، نتيجة لمعدلات الحرارة العالية في قلب الصحاري. ولهذا تتصف تربة الصحاري بأنها تربة غير ناضجة لقلة المواد العضوية فيها، وعدم وضوح مقطعها الرأسي إلى طبقات متباينة كيماوياً وفيزيائياً. وينعكس هذا الوضع على الغطاء النباتي المكون من نبت متناثر يندر فيه وجود الأشجار.

وعليه، فالصحاري تتسم بوجود مناطق شاسعة وعارية تماماً من النباتات، كما تمثل الصحاري التجمعات التي تظهر أكثر النظم البيئية جفافاً. حيث المدى الكبير سواءً يومياً أو فصلياً. فدرجات الحرارة ترتفع أثناء النهار بالصيف ارتفاعاً ربما يزيد عن 55 درجة مئوية، بينما تنخفض بالليل إلى نحو 15 درجة مئوية وأحياناً في ليالي فصل الشتاء تصل إلى ما دون درجة الصفر المئوي.

وتقسم الصحاري (الأراضي الجافة) حسب درجات الحرارة إلى قسمين هما:

1. الصحاري الحارة Hot Deserts.
2. الصحاري الباردة Cold Deserts.

1. الصحاري الحارة

ويتمثل هذا النوع من الصحاري في المناطق الجافة المدارية، التي تتجمع حول دائرتي العرض 20 درجة شمالاً وجنوباً من خط الاستواء، كالصحراء الكبرى والصحارى العربية والاسترالية وصحراء كلهاري. ولا يتضمن مناخها فصلاً بارداً ويكون صيفها حاراً وشتاؤها دافئاً نسبياً.

وهناك من هذه الصحاري نوعان، أولهما الصحاري الحارة القارية Continental Deserts، البعيدة عن سواحل البحار والمحيطات. وتتصف بالتغيرات الشديدة لدرجة الحرارة اليومية كالصحراء الكبرى في شمال إفريقية، ماراً بشبه الجزيرة العربية (الربع الخالي وصحراء النفوذ). وثانيهما الصحاري الساحلية Coastal Deserts، والتي تتصف بالتغيرات المحدودة في درجات الحرارة. وتكون فيها الرطوبة النسبية أعلى من الصحاري القارية، مثل صحراء بيرو Peru على ساحل أمريكا الجنوبية الغربي، وصحراء ناميبيا في جنوب غرب إفريقية والصحراء العربية جنوب مراكش.

2. الصحاري الباردة:

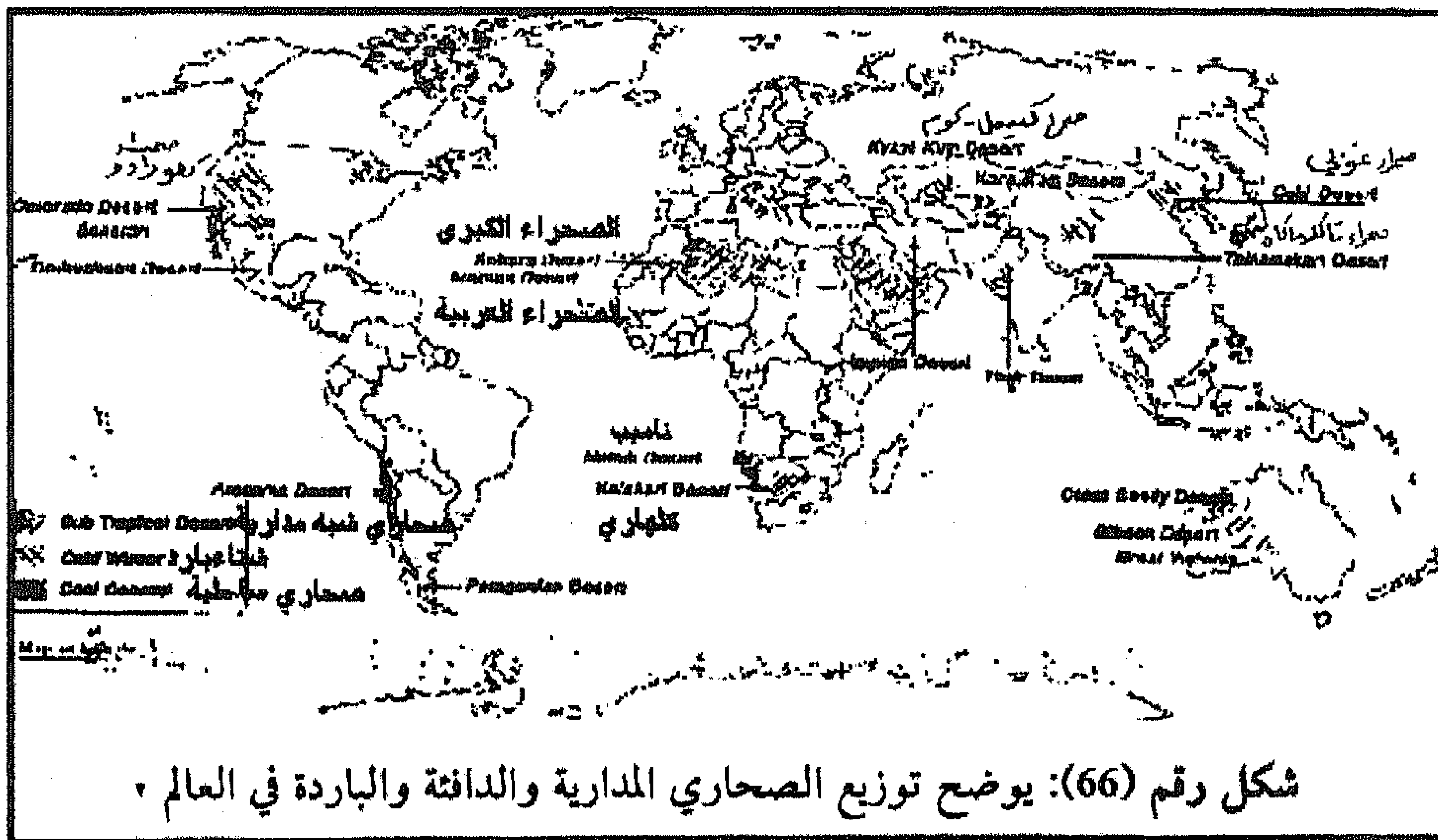
ويتمثل هذا النوع من الصحاري في صحراء الحوض العظيم، بالولايات المتحدة الأمريكية وصحراء غوبي Gobi شمال الصين، وصحراء تركستان شرق وجنوب شرق بحر قزوين. وتتميز هذه الصحاري بفصل بارد ينخفض فيه معدل درجة الحرارة إلى 5 درجات مئوية فما دون ذلك. كما ترتفع درجات الحرارة في فصل الصيف إلى نحو 35 مئوية أو يزيد.

كما أن هناك تصنيفاً آخر للصحاري (الأراضي الجافة) بناءً على كمية التساقط، حيث أمكن تمييز ثلاثة أنواع منها وهي:

1. الصحارى الشديدة الجفاف Extreme Arid Deserts.

2. الصحارى الجافة Arid Deserts.

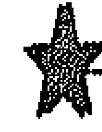
3. الصحارى شبه الجافة Semi – Arid Deserts.



شكل رقم (66): يوضح توزيع الصحاري المدارية والدافئة والباردة في العالم.

1. الصحارى الشديدة الجافة Extreme Arid Deserts

وهي الصحراء الخالية من النباتات، وتسودها الكثبان الرملية والسمات الصحراوية التي تعكس الجفاف الكلي تماماً. وقد يمر عليها عام أو أكثر دون أن يسقط عليها مطر، فالمطر فيها ليس حدثاً يتكرر كل عام. ويتمثل هذا النوع من الصحاري في المناطق الوسطى من الصحراء الكبرى والربع الخالي وصحراء النفوذ في شبه الجزيرة العربية، وصحراء اتكاما في أمريكا الجنوبية وصحراء تاكلا ماكان في وسط آسيا، وصحراء كلهاري والصحراء الاسترالية، وتغطي هذه الصحاري ما مساحته 5.85 مليون كم^2 (أو ما نسبته 4.4٪ من إجمالي مساحة اليابسة).

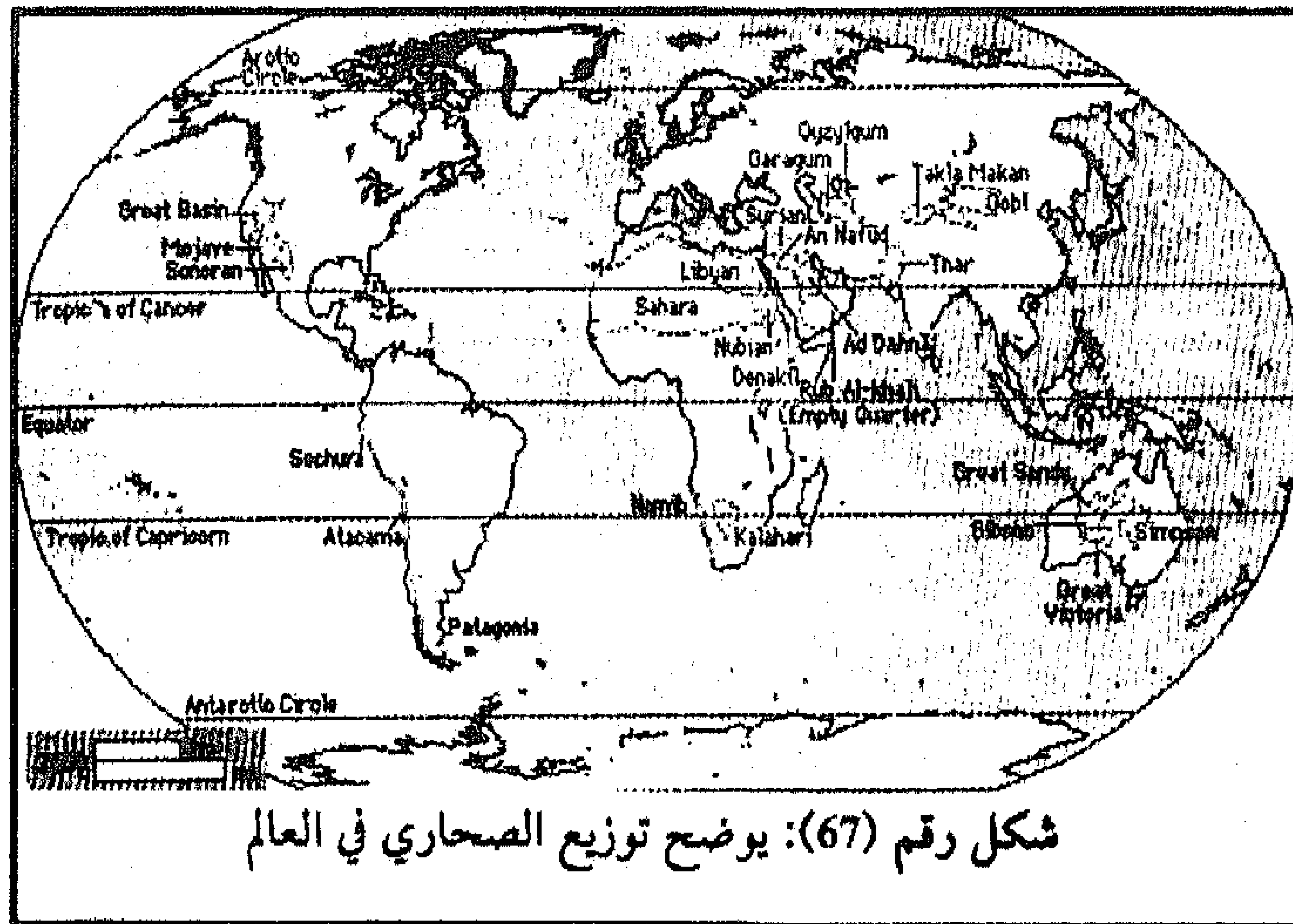


2. الصحاري الجافة (الأراضي الجافة):

وهي الأراضي الجافة ذات الأمطار القليلة غير المنتظمة، والتي لا يتجاوز معدلها السنوي عن 125 ملمتراً. وتغطي ما مساحته نحون 21.5 مليون كيلو متر مربع (ما نسبته 16.1٪) من إجمالي مساحة اليابس كله.

3. الصحاري شبه الجافة

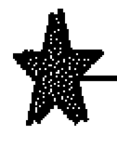
ويغطي هذا النوع من الصحارى ما مساحته (21) مليون كم^2، من مساحة اليابس كله والبالغة 144 مليون كم. كما يتراوح معدل سقوط الأمطار فيها ما بين 125 إلى 152 ملمتراً. ويغطي هذا النوع من الصحارى ما نسبته 15.8٪ من إجمالي مساحة اليابس كله، وتعيش فيها بعض الشجيرات القصيرة والغابات الشوكية، والأعشاب القصيرة على حواف البوادي التي تتلقى كمية من الأمطار تساعد في نموها وتكيفها مع الجفاف السائد فيها.



شكل رقم (67): يوضح توزيع الصحاري في العالم

السمات الطبيعية للتربة والغطاء النباتي في الأراضي الجافة

يتضح لنا مما سبق أن المساحة الكلية للأراضي الجافة في العالم تغطي نحو



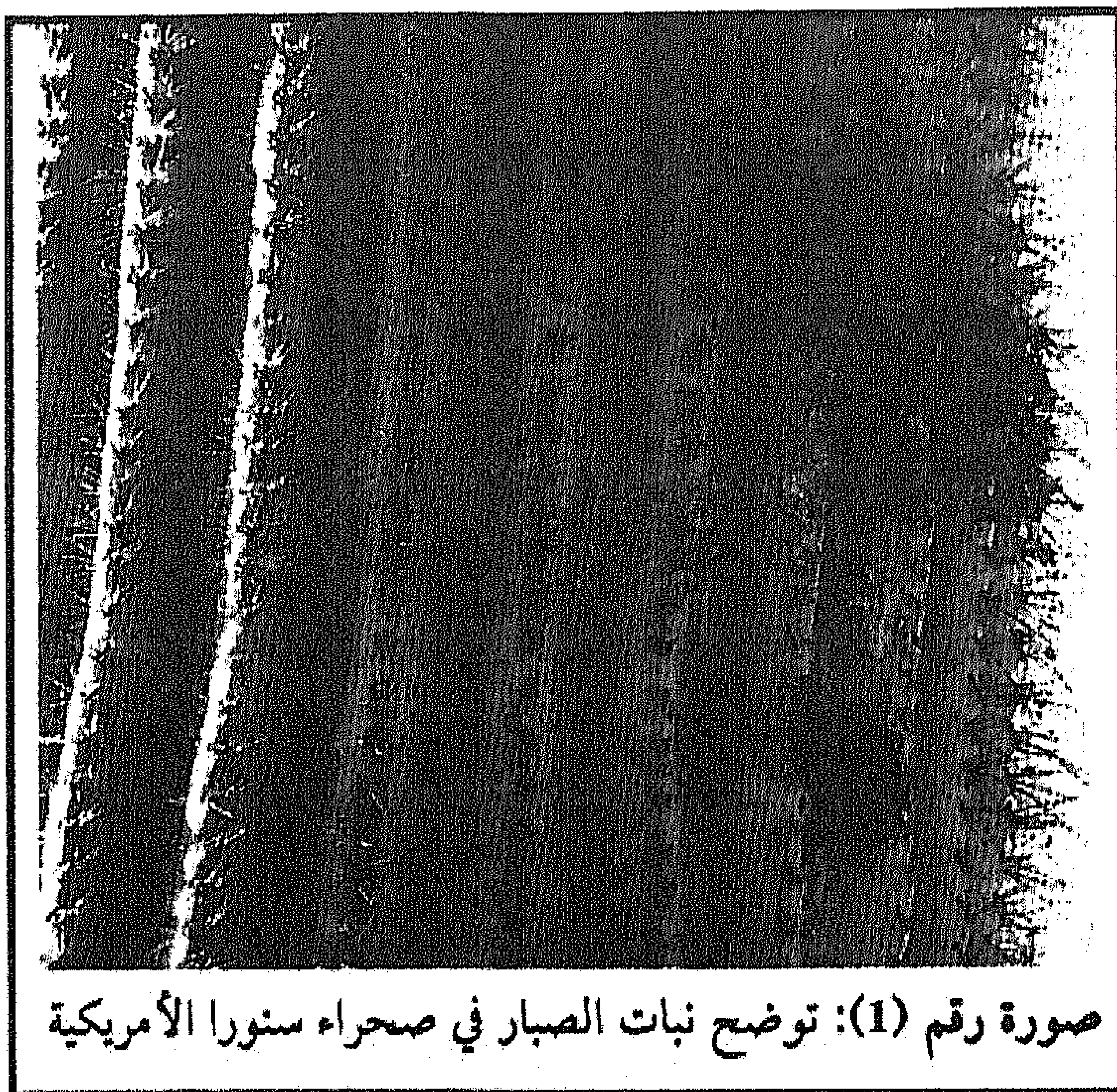
48.350 مليون كيلو متر مربع (أو ما نسبته 36.3٪ من إجمالي مساحة اليابس كله). وتعتمد هذه التقديرات على معدلات المناخ فقط، ولكن بالنظر في سمات الأراضي وخصائص الكساء النباتي، فإن مساحة الصحاري الكلية تغطي ما نسبته 43٪ من مساحة اليابس. ويمثل الفرق بين هذين التقديرين مساحة الأراضي التي حولها الإنسان بسوء استغلاله لها، من أراضٍ معمورة إلى أراضٍ صحراوية. وهذه تغطي ما نسبته نحو 9.115 مليون كيلو متر مربع أو (ما نسبته 6.7٪) من مساحة اليابسة الكلية. وتتراوح كمية المطر في المناطق المتصحرة الأخيرة ما بين 200 إلى 300 ملمتر. وهي أراض السهوب التي تحولت إلى أراضٍ متصحرة نتيجة الرعي الجائر وسوء الاستغلال البشري غير المنظم.

النبات الطبيعي

أما فيما يتعلق بالغطاء النباتي في الأراضي الجافة، فيتصف بالقلة والتبعثر والفقر بوجه عام. حيث يحتوي على شجيرات قصيرة وأشواك قزمية. ونادراً ما تكون هناك أشجار ضخمة تكيفت مع الجفاف الحاد، بحيث زادت قدرتها على الاحتفاظ بالماء. بالإضافة إلى النباتات الحولية والموسمية، وثنائية الحول التي تنمو بعد سقوط المطر مباشرةً، وتنتهي دورة حياتها النباتية في أقل من عامين.

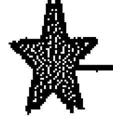
وتكاد أن تكون الصحارى الشديدة الجفاف جرداء في معظم مساحتها. أما في الصحارى الجافة فيقتصر وجود النباتات المعمرة فيها على المناطق المنخفضة، والمجاري المائية ومسارب الأودية التي تتلقى ماء الانسياب السطحي، بالإضافة إلى ماء المطر. ولا يقتصر وجود النباتات المعمرة في الصحاري شبه الجافة أو البوادي على أماكن معينة، بل هي أراضٍ يتيح مطرها ودرجة حرارتها (بخلاف الصحارى الشديدة الجفاف والجافة)، زراعة أنواع معينة من المحاصيل. ويكون ذلك في الأماكن المنخفضة التي تتلقى موارد مائية أكثر من كمية التساقط نتيجة

للانسياب السطحي الذي يؤدي إلى تجمع قدر محدود من المياه في تلك المنخفضات. وتضم الصحاري الحارة كثيراً من الأنواع النباتية الجفافية، كالصبار والعجرم والدوم والسنط والطلح والسمر والأثل والطرفا، خاصةً في مسارب الأودية وقرب الواحات. ويندر وجود حيوانات كبيرة في الصحارى، بالرغم من وجود الغزلان وغيرها في الأراضي، التي تتوفر فيها بعض النباتات الرعوية القصيرة. أما القوارض فهي من أبرز أنواع الثدييات التي تعيش بالصحارى، إضافةً إلى وجود الثعالب والسحالي والأفاعي والمفصليات وغيرها. كما تتميز حيوانات هذه البيئة بالقدرة على الركض والحفر والقفز والزحف.



صورة رقم (1): توضح نبات الصبار في صحراء سنورا الأمريكية

وبوجه عام، تعتبر الصحراء إقليماً مناخياً ونباتياً وجمورفولوجيا، تكون بعد تراجع الزحف الجليدي قبل 50 ألف سنة مضت. فسادت الفترة الدفيئة الجافة بعد الفترة المطيرة، التي كانت سائدة قبل تراجع ذلك الزحف.



الأسباب التي أدت لتكوين الصحارى (الأراضي الجافة)

ومن أهم الاسباب التي أدت إلى تكوين الأراضي الجافة في العالم هي:

1. شح الأمطار.
2. وقوع المنطقة في ظل الأمطار.
3. الحرارة العالية.
4. درجة التبخر والنتح.
5. هبوط التيارات الباردة فيما وراء المدارين ذات الضغط الجوي المرتفع والتي لا تساعد على تساقط الأمطار.
6. النحت المائي بالأراضي الجافة.
7. سرعة الرياح واتجاهها.
8. سلوكيات الإنسان الخاطئة تجاه البيئة من قطع لأشجار الغابات ورعي جائر أو ري مكثف.



صورة رقم (2): توضح الكباش الجبلية في صحراء كلورادو الأمريكية

1. شح الأمطار.

ما من شك أن لشح الأمطار دوراً بارزاً في تكوين وانتشار هذه الظاهرة (الأراضي الجافة) على مستوى الكرة الأرضية. فكلما قل التساقط وزادت درجة الحرارة، ارتفعت معدلات التبخر وزاد الجفاف حدة. كما تشكل الجفاف حينما تمر التيارات البحرية الباردة بمحاذاة السواحل البحرية، كالصحراء العربية جنوب المغرب لتأثير تيار كناري البارد، وصحراء ناميبيا جنوب غرب إفريقية بفعل تيار ناميبيا البارد وصحراء كاليفورنيا نتيجة لمرور تيار كاليفورنيا البارد بمحاذاتها.

2. وقوع المنطقة في ظل المطر

كما يتشكل الجفاف خلف التضاريس (ظل المطر)، حينما تعترض هبوب الرياح المحملة بالأمطار والقادمة من المسطحات المائية كالبحار والمحيطات من الوصول لأراضي ظل المطر الواقعة خلفها، مثل جبال الأنديز وتشكيل صحراء أتكاما Atcama للغرب منها، وصحراء بتاغونيا للشرق منها في التشيلي والأرجنتين على التوالي، وتشكيل حوض تاريم Tariem غرب الصين خلف جبال كون لون وهضبة التبت.

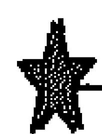




صورة رقم (3): توضح الغزلان في بعض الصحارى الإفريقية

3. الحرارة العالية

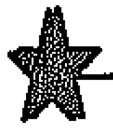
أما فيما يتعلق بدرجات الحرارة العالية، فتتصف الأراضي الجافة بارتفاعها الشديد مع معدلات تركيز الأشعة فوق البنفسجية أثناء النهار وانخفاضها أثناء الليل. حيث يصل المدى الحراري اليومي إلى نحو 50 درجة مئوية أو يزيد أحياناً عن ذلك في تلك المناطق. ويعزى ذلك إلى سطح التربة الصحراوي الذي يستقبل نحو 90٪ من كمية الاشعاع الشمسي أثناء النهار، وتفقد التربة طاقتها الحرارية خلال الليل لعدم توافر غطاء نباتي كثيف وعدم وجود سحب لتمنع فقدان الحرارة.





صورة رقم (4): توضح منظرا جانبيا للريم العربي في البادية العربية

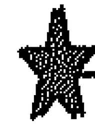
وتعد مشكلة تباين درجات الحرارة هذه، بالإضافة إلى نقص كميات المياه وانعدام النتح بشكل عام من أهم الأسباب المحددة للكائنات الحية التي تعيش في تلك الأراضي الجافة. وعليه نجد أن نباتاتها وحيواناتها هي أنواع قليلة لتكوين شبكات وسلاسل غذائية بالمعنى المعروف في البيئات المعتدلة. ولكنها تطورت في الشكل الخارجي والتشريحي والوظيفي، لتواجه الظروف الصحراوية القاسية. فبينما نجد الغزلان في البوادي العربية صغيرة الحجم وقليلة الشعر كالريم العربي الصغير والمها العربي الكبير نجدها في الصحارى شبه القطبية كثيفة الشعر، كبيرة الحجم كغزلان الرنة والكاريبو، وفي البيئة الموسمية توجد الفيلة وغزلان النو والزراف بأجسام أكثر ضخامة وغيرها. ومن أهم الحيوانات العربية الأليفة الجمل العربي الذي يدعى سفينة الصحراء.





صورة رقم (5): توضح منظرا جانبيا لغزلان المها العربي في بادية الشام

وإذا ما سعى الإنسان ممثلاً في الحكومات والمجتمعات المحلية والإقليمية والدولية على أساس تسخير الطاقة الشمسية في تحويل المياه المالحة في البحار والمحيطات (تغطي 3/ 4 مساحة الكرة الأرضية)، إلى مياه عذبة وتوسع في زراعة غراس النباتات المحبة للملوحة، كنباتات المانجروف (الشورة) والكوخيا وحشيشة السودان وغيرها، فسوف تستغل مساحة الصحارى البالغة 39.2 مليون كم^2 كأراضٍ صحراوية، تشكلت بفعل الظروف المناخية وأراض متصحرة تشكلت نتيجة سلوكيات الإنسان الخاطئة، وتغطي ما مساحته 9.1 مليون كم^2، والبدء في ترميمها وإعادتها لسيرتها الأولى كحواف الصحارى شبه الجافة من خلال استرزاعها، بالنباتات المحبة للملوحة والجفاف، وبالتالي فإن في ذلك تخفيف الضغط على الأراضي المعمورة زراعياً أو رعوياً، ووقف زحف التصحر عليها وتوفير الأعلاف الضرورية لحياة ملايين بل مليارات الرؤوس من الماشية والأغنام والماعز وغيرها في العالم بوجه عام، ووطننا العربي على وجه الخصوص.

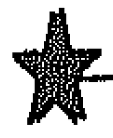




صورة رقم (6): توضح منظرا جانبيا للجمل في الصحراء العربية

4. التبخر والنتح Evaportranspiration وعلاقة ذلك بالجفاف

أ. التبخر: أما فيما يتعلق بالتبخر، فيعتبر من العوامل المساعدة على ظاهرة الجفاف وخاصة في الأراضي الجافة. حيث إن معدل التبخر من المسطحات المائية الصغيرة يفوق معدل التبخر من المسطحات المائية الكبيرة. كما أن من العوامل التي تساعد وتؤثر على معدل التبخر من المسطحات المائية فهي عديدة، ومنها مثلاً وفرة الطاقة الشمسية، حيث يعتبر الإشعاع الشمسي هو المصدر الرئيس للطاقة المستخدمة في عملية التبخر. كما أن معدل التبخر اليومي يصل لما بين 10 إلى 15 ملمتراً أو ما يوازي 3600 إلى 5400 ملمتر سنوياً، نتيجة لمعدلات الحرارة العالية في قلب الصحاري الشديدة الجفاف، ما بين الساعة السادسة صباحاً والسادسة مساءً. هذا بالإضافة إلى أن الجزء الأكبر من التبخر السنوي يتم في فصل الصيف. وهناك أيضاً درجة حرارة الماء التي تؤثر هي الأخرى



بدورها على ضغط بخار الماء للهواء الملامس لسطح التربة الذي يتشقق بعد تجفيف المياه من على القيعان الصحراوية كقاع الأزرق في البادية الأردنية.


صورة رقم (7): توضح تشقق سطح التربة في قاع الأزرق بالاردن

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على معدلات التبخر سرعة الرياح، حيث يتناسب معدل التبخر تناسباً طردياً مع سرعتها، إلا أن الزيادة في معدل التبخر الناجمة عن تزايد سرعة الرياح تتوقف بعد حد معين، حيث يتراوح هذا الحد في المسطحات المائية الكبيرة لما بين 35-65 كيلو متراً وإلى أقل من ذلك في المسطحات المائية الصغيرة.

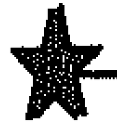
ب. النتح Transpiration: أما فيما يتعلق بالنتح، فإن بعض الدراسات والبحوث العلمية قد أثبتت أن معدل النتح من نباتات المناطق الجافة، حينما تكون مروية رياً كافياً فإنه لا يقل إطلاقاً، عن معدل النتح في المناطق الرطبة. ومن أهم العوامل التي تتحكم في عملية النتح في الأراضي

الجافة هي مساحة الأرض وطبيعة المنطقة المحيطة بها ونسبة الغطاء النباتي المزروع أو الطبيعي فيها.

حيث إن لهذه العوامل تأثيراً كبيراً على معدلات التبخر والنتح في تلك الأراضي خاصة وأن الهواء الجاف الذي يهب من المناطق المحيطة بالحقل ينقل إلى الحقل كميات كبيرة من الطاقة، الأمر الذي يؤدي إلى الزيادة المطردة في عمليتي النتح والتبخر معاً.

ولهذا السبب يفضل زراعة الأراضي الجافة بكل أنواع الغطاء النباتي التي تستطيع أن تقاوم الجفاف؛ والتي تمت الإشارة إليها آنفاً كالدوم والغاف والعجرم والأثل وغيرها، وذلك لزيادة نسبة الرطوبة بالإقليم الجاف من خلال زيادة النتح من النباتات المزروعة فيه. وإن كان من الصعوبة بمكان الحصول على كمية التبخر في المناطق الجافة، فإنه من المؤكد أن عملية النتح التي يقوم بها النبات، يكون الحصول عليها أكثر صعوبة، بالرغم من أنها تعتبر من الوسائل المهمة لفقدان المياه من خلال أوراق النبات. وعلى الرغم من ذلك نجد الأستاذ ثورنثوايت Thournthwaite يؤكد في دراسته على العلاقة بين التبخر والنتح كأكثر الأدلة للتمييز بين أنواع المناخ في الأراضي الجافة، وفي عام 1931م حاول الأستاذ ثورنثوايت وضع تحديد أكثر دقةً للمناطق الجافة عن طريق قياس كمية التبخر، وذلك باستخدام المعادلة $\left(\frac{P}{E}\right)$، حيث إن الرمز P تمثل مقدار التساقط السنوي Precipitation والرمز E يمثل مقدار التبخر Evaporation بالبوصات كما أشرنا لذلك آنفاً.

وبوجه عام، ففي الأراضي الجافة يقل التساقط وترتفع درجات الحرارة، وبالتالي يزداد التبخر وخاصة من سطح التربة ومن المسطحات المائية الصغيرة (كالبحيرات الصناعية المقامة بالأراضي الجافة، مثل السد العالي وسدود نهر



الفرات في بداية الشام)، وسدود نهر دجلة بالرافدين، وبحيرة تشاد وبحر آرال وبحيرة بلكاش والبحر الميت وغيرها. ونتيجةً لذلك يقل النبات ويقل النتح فتصبح تلك الأراضي بذلك شديدة الجفاف.

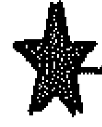
5. ارتفاع قيم الضغط الجوي

تتجمع معظم الأراضي الصحراوية الجافة في المناطق شبه المدارية، والباردة قرب دائرتي عرض 30 شمالاً وجنوباً من خط الاستواء. ويعزى سبب نشوئها بصفة رئيسة إلى التيارات الهوائية الباردة الجافة والهابطة من طبقات الجو العليا نحو تلك العروض، مما أدى لحدوث مناطق ضغط مرتفع طيلة العام، وبالتالي تسخين الهواء الجاف مما يحول دون حدوث التساقط فيها. حيث تحتل تلك العروض بين دائرتي عرض 30 إلى 35 شمالاً وجنوباً من خط الاستواء، مناطق ضغط جوي مرتفع فوق سطح الكرة الأرضية بصفة مستمرة، وعدم تأثرها بأعاصير العروض المعتدلة أو بأمطار الرياح التجارية أو بالتيارات الصاعدة في منطقة الرهو الاستوائي.

6. سرعة الرياح واتجاهها

لا يقل هذا العامل فاعلية عن النحت المائي في تشكل سطح الأرض في الأراضي الجافة أو نشوئها. فالرياح حينما تهب موازية لخط الساحل تتشكل الصحراء كساحل الصومال الجاف، بينما حينما تكون عمودية على خط الساحل تكون الأرض رطبة معتدلة المناخ، كتعامد الرياح العكسية على مدن بيروت وحيفا، ولكنها تصبح موازية للساحل المصري في العريش، والفلسطيني في قطاع غزة.

كما أن عملية نحت سطح الأرض بفعل الرياح العاتية التي تتراوح سرعتها ما بين 65 إلى 80 كم بالساعة تعتبر العامل الطبيعي الرئيس في تشكيل الأشكال



الأرضية بالأقاليم الجافة وشبه الجافة، كالكثبان الرملية والمخاريط الصحراوية والموائد الصحراوية والأحواض والحفر الجافة بالصحراء والأبراج الصحراوية وغيرها. حيث تقوم بنحت وكشط سطح التربة، ونقل المفتتات الدقيقة من الرمال والحصى لتضرب بها وجه الصخر القائم وتصيغ الأشكال المذكورة أو تقوم بترسيب هذه المواد خلف الصخور أو الشجيرات المتناثرة القزمية لتشكل الكثبات الهلالية والطويلة والطعوس الصغيرة. حيث يؤدي التسخين والتبريد السريعين في الأراضي الجافة لهبوب رياح شديدة تشبه في فعاليتها عملية النحت المائي. وتتمثل فعالية الرياح بطريقتين هما:

أ. التذرية: Deflation.

ب. البري أو الكشط: Abrasion.

أما التذرية فتعني نقل الرمال والذرات الدقيقة الأقل في قطرها عن 4 مايكرون من أماكن تواجدها بواسطة الرياح القوية مشكلة الكثبات الرملية الآنفة الذكر.

وأما البري أو الكشط فتعني استخدام دقائق الرمال والحصى الصغيرة، التي تحملها الرياح وتستخدمها كمعاول هدم في سطح الأرض، بحيث يصبح أكثر تهذيباً وتشذيباً بفعل هذا العامل الطبيعي بالأراضي الجافة، الأمر الذي يؤدي لتشكيل الأشكال الأرضية الصحراوية الآنفة الذكر. وقد تؤدي التذرية إلى نزع الجزيئات الدقيقة من سطح التربة تاركة خلفها الحصى التي لا تقوى على حمله، فيشكل بدوره درعاً واقياً لما تحته فيحميه من خطر التذرية مستقبلاً. كما أن تعاقب الرطوبة والجفاف على هذا الحصى يجعله يتعرض للخاصية الشعرية في عملية تشبه لحد ما عمل الجليد.

7. النحت المائي بالأراضي الجافة

ربما يتبادر للذهن لدى البعض أن الأراضي الجافة وشبه الجافة لا تحدث فيها على الإطلاق عملية النحت المائي، والحقيقة هي العكس. حيث إن الأراضي الجافة تتعرض أحياناً لحدوث تيارات هوائية صاعدة، يتمخض عنها عواصف رعدية غزيرة المطر نسبياً كل خمس أو عشر سنوات ولو لمرة واحدة. كما حدث في العاصفة الرعدية التي أدت لتدمير مدينة معان بالأردن كلياً عام 1966م. فالأراضي الجافة تتعرض لحدوث التساقط الفجائي، الأمر الذي يؤدي لحدوث الجريان السطحي وفيضان مجاري الأودية بشكل غير مسبوق، مما يؤدي لتدمير المساكن والمنشآت والجسور، كما يحدث وحدث بالفعل في أراضي المملكة العربية السعودية عام 1983م في منطقة عسير وشمال مدينة مكة، وتدمير بعض الجسور القوية والتي صممت لمواجهة تلك الظروف، إلا أنها انهارت أمام تلك العواصف الرعدية الشديدة[1]!! وقد تؤدي لموت الآلاف من البشر كما حدث في العواصف الرعدية في صعيد مصر عام 1994م وتدمير العديد من القرى في تلك المنطقة. هذا من ناحية، وأما من حيث النحت المائي في مثل هذه الظروف فإن المياه الناجمة عن تلك العواصف الفجائية، تفعل فعل الأنهار الدائمة الجريان كنهر النيل ونهر المسيسبي وغيرها، بحيث تنحت من سطح الأرض وتحمل الطمي المنحوت كرواسب نهرية، وتقوم بترسيبها في الأماكن التي تتوقف فيها سرعة المياه عن الجريان، فتلقي بها قرب مستوى الأساس للوادي، مشكلة الدلالات المروحية حول البحيرات الضحلة Playa مثل حوض الأزرق في البادية الأردنية

(1) مشاهدة الباحث لبعض الجسور شمال مدينة مكة عام 1977م المنهارة أثناء تأدية العمرة حينذاك.

أو جانبي وادي عربة الغربي في فلسطين المحتلة والشرقي بالأردن. وتتصف هذه الرواسب المنقولة بأنها ذات تربة خصبة أسفنجية إذا ما توفرت لها مصادر المياه العذبة، أنتجت وأعطت بدون حدود. وبذلك فإن عملية التجوية بالأراضي الجافة تشمل التفكك الآلي والتحلل الكيماوي،ولكن الأول أكثر فاعلية من الثاني.

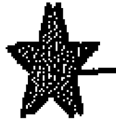
8. استغلال الإنسان الخاطئ لموارد البيئة شبه الجافة

ما من شك في أن تصرف الإنسان الخاطئ يؤدي إلى تحويل الأراضي شبه الجافة إلى أراضٍ متصحرّه. فالرعي الجائر والقطع الجائر للشجيرات والأشجار التي تنمو في تلك الأراضي، الأمر الذي يؤدي لتعرية التربة، وجعلها في مهب الرياح العاتية. ففي قطر كالأردن أدى الرعي الجائر لمنطقة الهامش الصحراوي لفقدان حوالي 18 مليون دونم تحتاج إلى ترميم وإعادة تخضير[1]. كما أن قطع الأشجار والشجيرات في سهل الجفارة في ليبيا وتحويله إلى فحم، أدى لفقدان مئات الألوف من الدونمات التي أصبحت في مهب الريح العاتية[2]. هذا بالإضافة إلى استخدام مياه الري بطريقة غير واعية، الأمر الذي يؤدي إلى تحويلها إلى تربة مالحة غدقة؛ كما حدث في سهول باكستان المروية، وسهول العراق وسورية القائمة على الري، لعدم وجود قنوات الصرف بجانب قنوات الري، وترشيد الاستخدام المائي لري التربة بالطرق العلمية، مما أدى لتحويل مئات الألوف من الدونمات لأراضٍ مالحة غدقة غير منتجة.

كما أن السحب الجائر لموارد المياه الجوفية في سهل الجفارة في ليبيا أدى

(1) د. علي احميدان، ترميم منطقة الهامش الصحراوي بالأردن، دار الفكر، 2003م.

(2) د. علي احميدان، التصحر ومخاطره، دار الفكر العربي، القدس، 2003م.



لتجفيف الخزان الجوفي العذب فيه، وتحويله إلى مياه بحرية مالحة، الأمر الذي أدى لإنشاء النهر الصناعي العظيم في ليبيا، وكذلك نضوب المياه الجوفية في آبار وادي الضليل بالأردن نتيجة السحب الجائر[1].

معادلات الجفاف

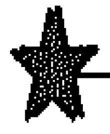
لقد تطرق بعض الباحثين في علم المناخ لوضع هذه المعادلات الرياضية لإبراز خاصية الجفاف التي نجم عنها ملايين الكيلومترات المربعة من الأراضي الجافة والبالغة 48.3 مليون كيلو متر مربع في العالم. وذلك لوضع الخطط الكفيلة من خلال الدراسات والبحوث العلمية لمكافحة التصحر والتوسع في استغلال الأراضي الصحراوية التي تغطي نحو 43٪ من مساحة اليابس البالغة 144 مليون كم2. وإذا كانت هذه النسبة من مساحة اليابس تعد أراضي جافة فإن نسبة الأراضي الجافة في وطننا العربي الكبيرة تزيد عن 90٪ من مساحته البالغة 14.3 مليون كيلو متر مربع!! أي منها نحو 12.970 مليون كم^2 أراضٍ جافه ولذلك يعاني وطننا العربي من معضلة التصحر من ناحية، ومن تواجد الصحارى فيه في جناحية الآسيوي والإفريقي من ناحية أخرى. وإذا كان هناك مرض فتاك تعرضت له البيئة العربية فما من شك أن هذه المعضلة البيئية تأتي على رأس المشكلات التي يعاني منها الوطن الكبير. ومن أهم هؤلاء الباحثين والعلماء الباحث لانج Lang، الذي اعتبر أن معامل المطر هو الأساس في الحكم على المنطقة جافة أم غير جافة. واستخدام معامل المطر من خلال قسمة المتوسط للمطر بالملمترات على المعدل السنوي للحرارة بالدرجات المئوية. وقد رمز لمتوسط الأمطار بالحرف "ط" ولمعدل الحرارة بالحرف "ح"، فيصبح معامل المطر

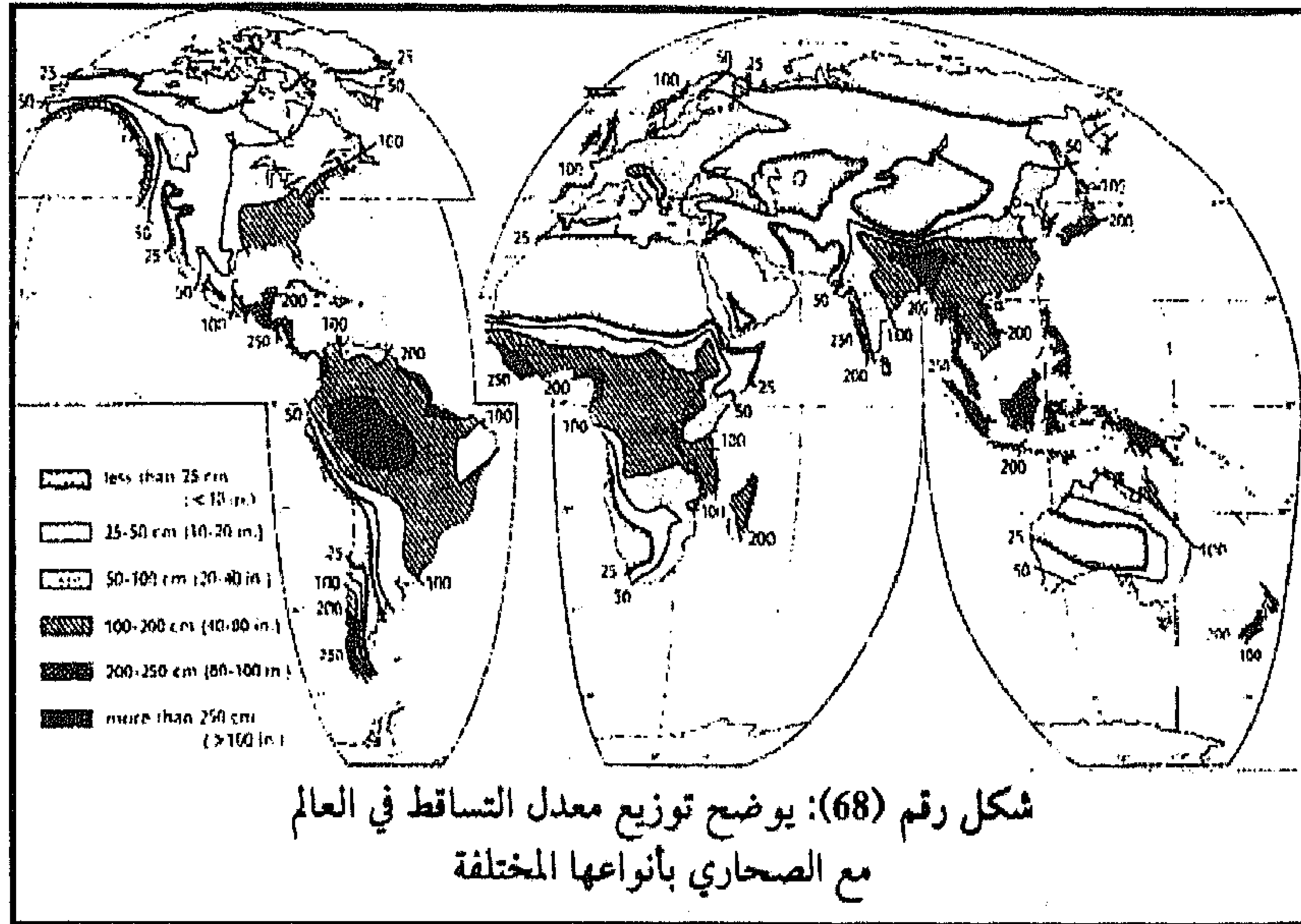
(1) المرجع السابق نفسه.

يساوي $\left(\frac{\text{ط}}{\text{ح}}\right)$. وقد حدد هذا الباحث أن المناطق التي يصل فيها ناتج هذه القسمة إلى أقل من (40) بأنها أراض جافة.

أما الأستاذ دي مارتون De Marton، فقد أدخل تعديلاً طفيفاً على معادلة الباحث لانج Lang، ليحصل على معادلة الجفاف بدقة أكثر، حيث أضاف إلى معادلة الحرارة الرقم 10. أي تصبح المعادلة كالتالي: $\left(\frac{\text{ط}}{\text{ح}+10}\right)$ فالمناطق التي يصل فيها معدل الجفاف لأقل من 50 فما دون، تعتبر أراض صحراوية جافة. أما الأستاذ ثورنثوايت Thournthwaite، فقد حاول وضع تحديداً أكثر دقة للمناطق الجافة من خلال قياس كمية التبخر؛ وذلك باستخدام المعادلة التالية، وهي: $\left(\frac{P}{E}\right)$ حيث إن حرف P . تعني مقدار التساقط وحرف E. تعني مقدار التبخر بالبوصات، ومن ثم تضرب المعادلة في 10 لإزالة الكسر. ويؤكد هذا الباحث على أهمية العلاقة بين التبخر والنتح كأكثر المؤشرات دقةً للتمييز بين أنواع المناخ في المناطق الجافة، هذا وقد توصل إلى أن مقدار معامل الجفاف الذي يمثل حداً للأراضي الجافة طبقاً لمعادلته السابقة، والتي تربط بين التبخر والنتح هو "40". أما المعامل الذي يمثل حد المناطق شبه الجافة فيمثل الرقم "20".

فلو افترضنا أن مقدار التساقط في منطقة السفوح الشرقية للضفة الفلسطينية هو 200 ملمتر، وكمية التبخر هي 40 بوصة في المتوسط، فيصبح الناتج $\frac{200}{1000}\times 10 = 2$ معامل الجفاف في تلك المنطقة، الأمر الذي يشير إلى إعادة ترميمها وتخضيرها من جديد.



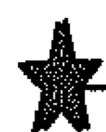


شكل رقم (68): يوضح توزيع معدل التساقط في العالم مع الصحاري بأنواعها المختلفة

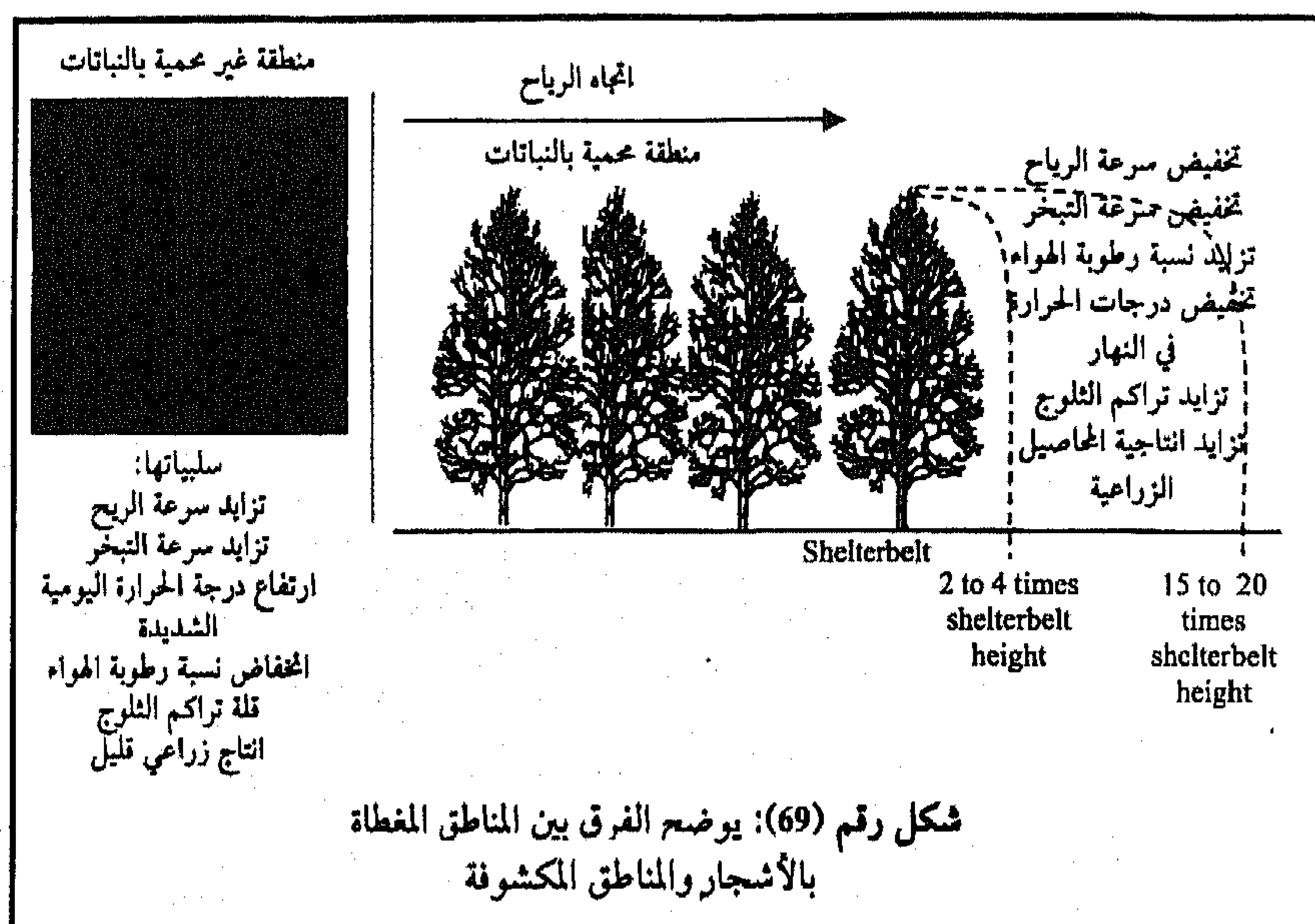
ولكن ما هي الطرق والوسائل لمكافحة الجفاف والتصحر؟؟

من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ في الحسبان للحد من توسع واستشراء ظاهرة الجفاف والتصحر، خاصة في وطننا العربي، كان لابد من استزراع أراضيه بالنباتات المحبة للملوحة أو الجفاف أو المحبة للمياه والبرودة لإكثارها من ناحية، وإيجاد الكساء الأخضر للترب العارية والجافة في هذا الوطن الكبير. وقد تعرضت التربة للتدمير بفعل المياه الجارية والرياح العاتية التي يقتضي الأمر ترميمها وتخضيرها لتكون عنصراً طبيعياً منتجاً وليس عقيماً في البيئة. ومن أهم النباتات التي يمكن التوسع في زراعتها وإكثارها هي:

1. نباتات السمار المر (الحلفا) كمادة أولية لعلف الماشية وصناعة الورق.
2. نباتات الكوخيا كعلف للماشية طيلة العام (علف أخضر وجاف).
3. نباتات المانجروف (الشورة) لتنمية البيئة الساحلية العربية وتجميلها كمناطق استجمام وترويح.

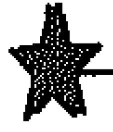


ومن أهم سمات وخصائص هذه الأنواع الثلاثة للنباتات، أن لها القدرة على النمو والتكاثر، والقيام بكل الوظائف الحيوية في أراضٍ تحتوي على نسب عالية من الملوحة الشديدة والتي لا يمكن لأي نوع من أنواع النباتات الأخرى النمو والتكاثر فيها بسهولة ويسر. كما تستطيع النمو تحت درجات حرارة عالية (أكثر من 50 مئوية)، والتبخر العالي مع انخفاض كميات الأمطار والرطوبة الجوية، كما هو سائد في أراضينا العربية والتي تغطي نسبة الأراضي الجافة فيها أكثر من 90٪ من مساحتها الإجمالية أو ما يعادل 12.970 مليون كم^2.



شكل رقم (69): يوضح الفرق بين المناطق المغطاة بالأشجار والمناطق المكشوفة

وعليه، فإن النباتات التي يمكنها التكيف مع هذه الظروف المناخية القاسية، لابد وأن يكون لها الدور البارز في تطوير وترميم تلك الأراضي الجافة، إذا ما تمت دراستها من جميع النواحي البيئية والزراعية والصناعية.. الخ، وسوف نتناول بالدراسة لكل نوع على حدة.

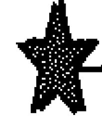


1. نباتات السمار المر (الحلف)

يعتبر هذا النبات من النباتات المحبة للملوحة، وقد أثبتت الدراسات البيئية لهذا النوع من النباتات تواجده في معظم الأقطار العربية خاصة في أراضي المستنقعات والواحات والشطوط في حوض الأزرق بالأردن وتونس والجزائر وليبيا. ويقسم إلى نوعين سمار الريجداس Juncus Rigidus وسمار أكيوتاس Juncus Acutus. وقد نجحت تجاربه في كل من مصر في شواطئ بحيرة المنزلة وفي السعودية. وكانت نتائجه اقتصادية للغاية. ومن فوائدة أنه يمكن استخدامه كمعالج للتربة من تزايد الملوحة، حيث أنه ينمو ويتكاثر تحت نسبة 6000 جزء في المليون بالواحات وأراضي المستنقعات. بالإضافة إلى استخدامه ككساء أخضر لتثبيت التربة من التعرية السطحية وفي تصنيع لب الورق، ومادة علفية للحيوانات. ويمكن ريه بالمياه المالحة من البحر أو الآبار الجوفية ذات الملوحة الشديدة ويبقى مادة علفية خضراء طيلة العام للثروة الحيوانية التي تعاني من عجز شديد في الأعلاف بالأراضي الجافة.



صورة رقم (8): توضح نبات الحلفا في محمية الأزرق في البادية الأردنية

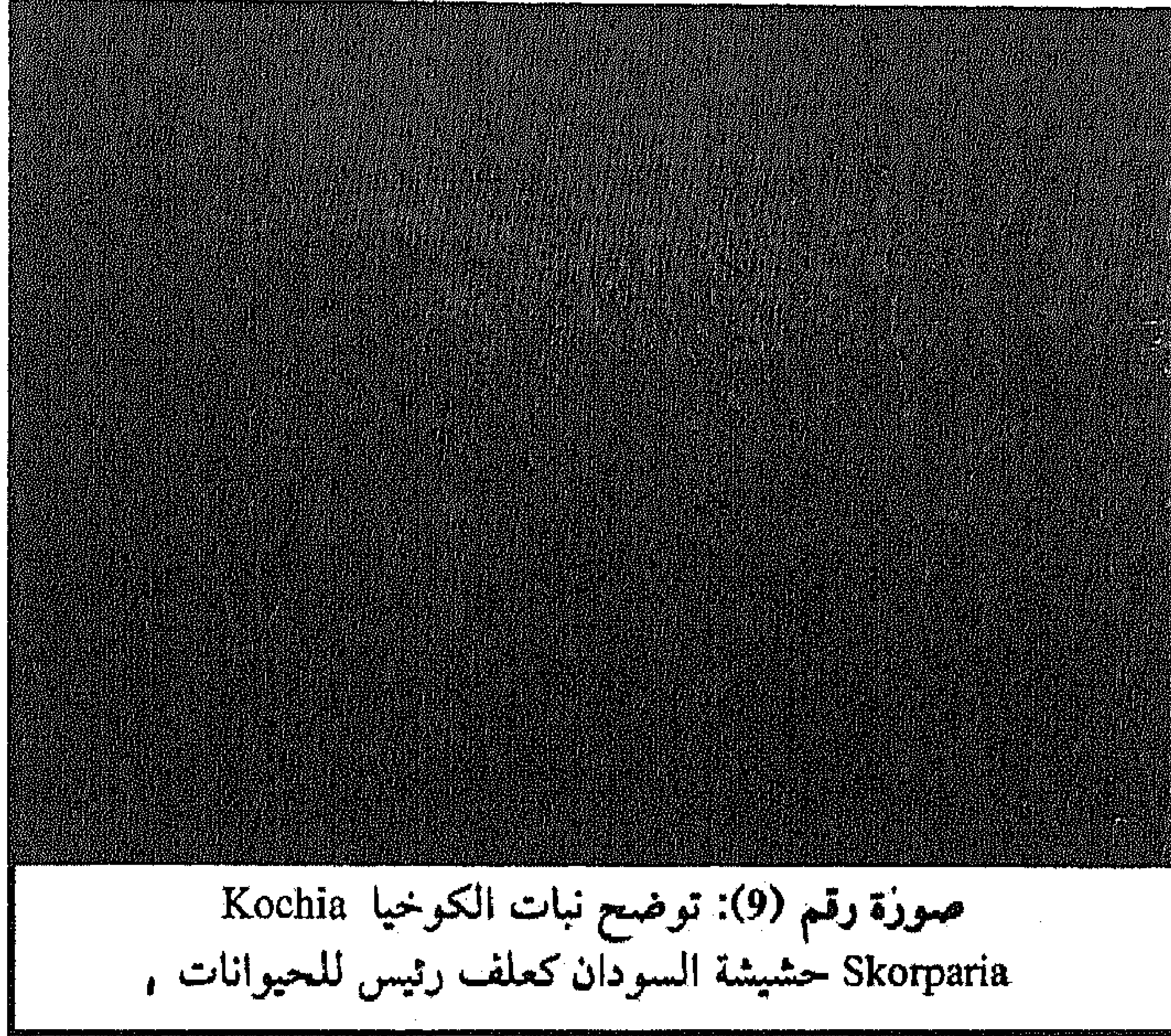


2. نباتات الكوخيا كمادة علفية للحيوانات Kochia Plants: Forage for Animal

لا يقل هذا النبات أهمية عن نبات السمار كمادة علفية جيدة للثروة الحيوانية. بالإضافة لكونه معالجاً ممتازاً لملوحة التربة الشديد. وقد قام أحد الخبراء في مصر بتجربة رائدة في منطقة بحرة الواقعة بين مدينتي جدة ومكة، لأحد الأثرياء السعوديين، وأجرى تجربة زراعة هذا النبات من نوع كوخيا أنديك Kochia Indic التي جُلبت من مصر، وكوخيا سكورباريا Kochia Scorparia والتي جلبت بدورها من ولاية تكساس بالولايات المتحدة الأمريكية.

وكانت تتميز أرض التجربة بأنها أراض مالحة للغاية، وتروى من المياه الارتوازية المالحة التي تتراوح ملوحتها بين 4000-6000 جزء في المليون. وتحت درجة حرارة 48 مئوية صيفاً، ونحو 30 مئوية شتاءاً. ونجحت التجربة أيما نجاح بحيث تعطي علفاً أخضر مرتين كل عام. كما تمت زراعة نباتات أخرى محبة للملوحة مثل القطف الملحي وحشيشة السودان والشمندر السكري والشعير وغيرها وأثبتت نجاحها اقتصادياً وبيئياً. فمن جانب هذه النباتات تشكل أعلاف للماشية وكساء أخضر لمعالجة التربة، وترميمها ومنع انجرافها من ناحية أخرى. فالحيوانات تقبل عليها بنهمٍ كبير لاحتوائها على نسب عالية من المواد الغذائية[1].

(1) Zahran, M. A.; Introduction to Plant Ecology and Vegetation Types of Sudia Arabia, King Abdulaziz University, Geddah Sudia Arabia, 1983.



صورة رقم (9): توضح نبات الكوخيا Kochia
Skorparia حشيشة السودان كعلف رئيس للحيوانات ،

3. نباتات المانجروف (الشورة) وتطوير البيئة الساحلية

Mangroves and Shore Line Development

لقد أثبتت الدراسات الجغرافية لتوزيع هذه النباتات على سواحل البحار والمحيطات في الكرة الأرضية، أن ما بين 60٪ إلى 70٪ من سواحل المناطق المدارية، تتميز بوجود نبات الشورة (المانجروف): حيث تتوفر درجات الحرارة لهذا النبات، ويصل عدد أنواع نبات المانجروف لنحو 55 نوعاً، تتبع نحو 16 جنساً و 11 فصيلة، ولكن هذه الأنواع تختلف في طبيعة انتشارها على تلك السواحل. فهناك نوعان من الشورة هما ريزوفورا Rizophora وأفيسينيا Avicenia هما الأكثر انتشاراً عن باقي الأجناس الأخرى.

ومن الجدير بالذكر أن اسم أفيسينيا يعود إلى العالم العربي الشهير ابن سينا الذي يعتبر بحق أول من كتب عن هذه النباتات وفوائدها.

ولتبقى نباتات الشورة Mangroves أنها أشجار وشجيرات تنمو في المياه

الضحلة على سواحل البحار والمحيطات الواقعة ما بين مداري الجدي والسرطان. لذلك يطلق عليها نباتات مدارية. وتعتبر هذه النباتات بوجه عام محبة للملوحة، حيث تنمو في المياه البحرية الضحلة والتي لا تستطيع أن تنمو فيها نباتات المياه العذبة. ولكنها لا تستطيع أن تتحمل برودة الجو. وهذا ما يفسر ازدهارها في المناطق الساحلية التي يزيد فيها معدل درجة حرارة الجو لأبرد الشهور عن 15 مئوية.

وهناك حقيقة علمية تميز هذا النوع من النباتات الملحية عن غيرها من النباتات، وهي أن بذورها تبدأ في الإنبات أثناء وجودها على أغصان الشجرة أو الشجيرة، ثم تسقط فتنغمس جذورها الصغيرة فوراً في التربة، ثم تكمل نموها بعد ذلك. وقد قسمت نباتات المانجروف طبقاً لطبيعة أرض السواحل التي تنمو عليها إلى ثلاثة أقسام هي:

1. شورة الشعاب المرجانية.
2. شورة التربة الرملية الطينية.
3. شورة التربة العضوية.

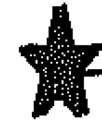
وقد ذكر العالم المغربي بن عباس عام 1230م أنه يمكن استخلاص مواد طبية لعلاج أمراض اللثة والكبد من هذه النباتات. كما أنها تعتبر ملاذاً خصباً لتكاثر القشريات والأسماك المختلفة مثل سواحل شبه جزيرة فلوريدا بالولايات المتحدة التي يكثر وجود هذه الأشجار فيها، حيث تكثر فيها أسماك الأستاكوزا والجمبري والسلمون والبوري وسرطان البحر والعديد من الطحالب ذات القيمة الغذائية العالية.

ونتيجةً لفوائدها العديدة فقد ذكر الباحث الأمريكي تيس Tees عام 1972م أن جزر هاواي كانت تخلو من هذه الأشجار حتى عام 1905م، حينما

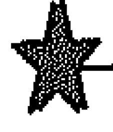
تمت زراعتها في مطلع القرن العشرين الماضي بعد أن ضمت الولايات المتحدة إليها جزر هاواي حيث أصبحت تشكل غابات ساحلية كثيفة على سواحل تلك الجزر، بحيث يصل ارتفاع الشجرة حالياً لنحو 21 متراً. كما أن هناك تجارب ناجحة لزراعتها في سواحل فلوريدا وخليج المكسيك وسيريلانكا والفلبين وماليزيا.

ولكن ما هي فوائد هذه النباتات سواء في وطننا العربي أو العالم بوجه عام؟

1. إنها تساهم في وقف زحف التصحر على المعمور من الأراضي العربية، بالنباتات المحبة للملوحة والجفاف، كسواحل الصومال والبحر الأحمر والمحيط الأطلسي والبحر العربي والخليج العربي.
2. يمكن زراعتها كشجرة المانجروف المزروعة في أراضي الولايات المتحدة الأمريكية، وغرسها في شواطئ البحار والمحيطات المحاذية للأرض العربية (بحر العرب، المحيط الهندي، المحيط الأطلسي، البحر الأحمر، الخليج العربي)، أو في غيرها وريها من مياه البحر المالحة مباشرةً لتحويلها إلى غابات ساحلية تكون ملاذاً للأسماك القشرية مثل الجمبري والاستكوزا والبوري والبلطي والسلمون وغيرها.
3. يمكن الإكثار من هذه النباتات المحبة للملوحة والجفاف لأنها النبت الأنسب لتحقيق الكساء الأخضر لأراضينا العارية وبالتالي توفير المياه العذبة للمحاصيل التقليدية على الري.
4. يمكن استخدامها لامتصاص الملوحة العالية من التربة ومعالجة التربة منها.



5. يمكن توفير المواد العلفية للثروة الحيوانية منها طيلة العام كعلف أخضر.
6. يمكن إنتاج لب الورق الذي يتزايد الطلب عليه في بلادنا العربية كل عام.
7. التوسع في إنشاء مشاتل الحراج والشجيرات الرعوية المحلية البرية بالاعتماد على المياه المالحة بدلاً من المياه العذبة كشجيرات القطف الملحي والشيح والحرمل والطرفا والأثل والغاف والدوم والعجرم والبُطُم والسدر والسمر والعرعر والزعرور والسلم والطلح والنبق وغيرها، التي توفر الخشب والأعلاف وتحد من زحف التصحر. وتعطي النتح وتقلل من حدة الجفاف في الأراضي الجافة التي نحن بصدد معالجتها في وطننا العربي الكبير من المحيط إلى الخليج.





شكل رقم (70): شجرة نبات المانجروف في سواحل جزر هاواي وتروى من ماء البحر مباشرة



شكل رقم (71): شجرة نبات المانجروف في سواحل جزر هاواي وتروى من ماء البحر مباشرة

الفصل الثامن

الكتل الهوائية



الفصل الثامن

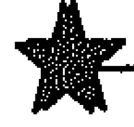
الكتل الهوائية

الكتل الهوائية.

كتل هوائية قطبية.

كتل هوائية مدارية.

الكتل الهوائية الاستوائية.



الفصل الثامن
الكتل الهوائية

الكتل الهوائية Air Masses

تعني الكتلة الهوائية حجماً كبيراً من الهواء، تغطي سطح منطقة واسعة من الماء أو اليابس. وتتشابه خصائصها الطبيعية في مستوياتها أو قطاعاتها الأفقية إلى حد كبير. لاسيما من حيث درجة الحرارة ورطوبة الهواء ونوع السحب ومدى الرؤية. تكتسبها نتيجةً لبقائها فوق سطح من الأرض قد يغطي آلاف الكيلومترات المربعة. وتمتد إلى الأعلى من 2-3 كيلومترات في الغلاف الجوي. وتتميز الكتلة الهوائية بصفات فيزيائية خاصة تكتسبها من ذلك السطح المتجانس كسطح جليدي أو سطح مائي أو سطح صحراوي. حيث يبقى الهواء ساكناً أحياناً لعدة أيام. وربما لعدة أسابيع، مما يساعدها على تجانس قطاعاتها الرأسية والأفقية في طبقة التروبوسفير. وأصلح المناطق لنشأتها هي السهول الواسعة حينما تكون مركزاً لضغط مرتفع. وتتوفر هذه الظروف عادةً في مناطق الضغط المرتفع المداري المعروفة بعروض الخيل، والمناطق القطبية وشبه القطبية كشمال إفريقية وشمال كندا وسهول سيبيريا في روسيا. كما تنشأ فوق المسطحات المائية، وذلك لأن هواءها يكون في هذه الحالة ساكناً تقريباً.

وهي لا تبقى في مناطق نشأتها إلا لفترات قصيرة، ثم يؤدي أي تغير في توزيع الضغط الجوي إلى تحركها من مواضعها، وانتقالها أو على الأقل انتقال قسم من هوائها إلى مسافات بعيدة تصل أحياناً لآلاف الكيلومترات. حيث تنقل

أثناء تحركها جميع صفاتها المناخية إلى المناطق المادة فوقها ولكل منها مصدر معين يتسم بصفاتها الرئيسة وخاصة درجة الحرارة والرطوبة. ويمكن تصنيف الكتل الهوائية إلى عدة أنواع تبعاً لدوائر العرض وخصائص السطح الذي تتكون فوقه يابساً كان أو ماءً وهي:

1. كتل هوائية قطبية Polar Air Masses = Polar, A. M.
2. كتل هوائية مدارية Tropical Air Masses = Tropical, A. M.
3. الكتل الهوائية الاستوائية Equatorial Air Masses = Equator, A. M.

كتل هوائية قطبية

وتقسم إلى قسمين:

1. كتل قطبية قارية Continental Polar (C P.)

وتتكون فوق اليابس القطبي. ولذلك فهي شديدة البرودة والجفاف خاصة في فصل الشتاء. وأهم مناطق نشأتها في نصف الكرة الشمالي هي جزيرة غرينلند وكندا وسهول سيبيريا[1].

2. كتل قطبية بحرية Maritime Polar (M P.)

وتتكون هذه الكتل فوق شمال المحيط الأطلسي الشمالي والمحيط الهادي الشمالي. وتتسم بشدة البرودة وارتفاع نسبة بخار الماء فيها نسبياً خاصة في فصل الشتاء، ولهذا فإنها تؤدي إلى تساقط الأمطار في هذا الفصل.

(1) د. غلاب، مدخل إلى الجغرافيا الطبيعية والبشرية، الإسكندرية، 2002، ص 155-160.



كتل هوائية مدارية Tropical Air Masses

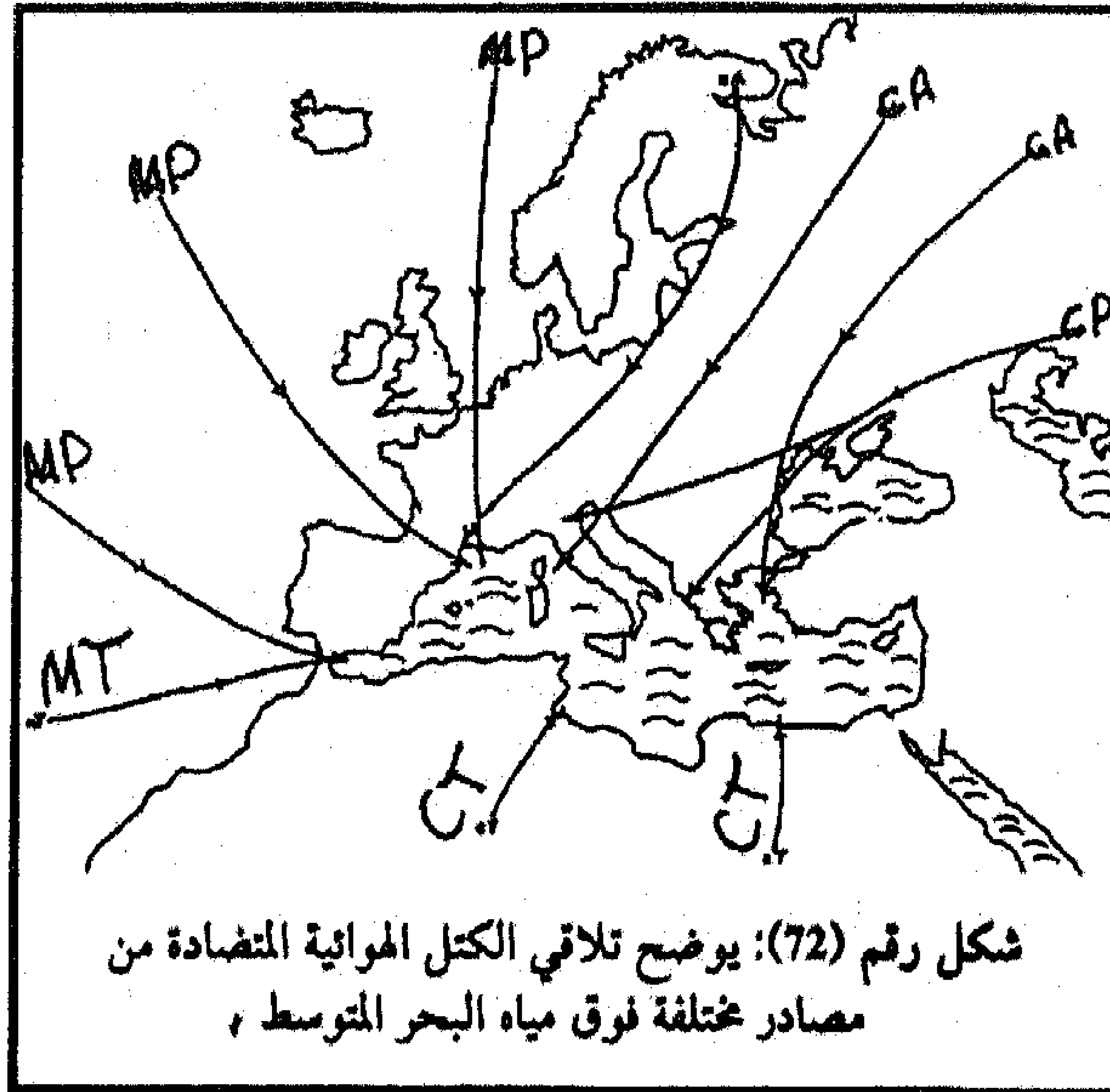
ويرمز لها بالحرف "T". وتنشأ في نطاق الضغط المرتفع وراء المدارين، وتكون غالباً دافئة أو حارة. وهي على نوعين:

1. كتل مدارية قارية Continental Tropical (C T)

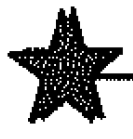
وتتكون فوق اليابس، وتتسم بشدة الحرارة والجفاف، كما أنها تكون محملة بالأتربة في فصل الصيف، أما في فصل الشتاء فإنها تكون جافة ودافئة.

2. كتل مدارية بحرية Maritime Tropical (M T)

وتنشأ هذه الكتل فوق المسطحات المائية، وتتميز بدفئها وارتفاع نسبة بخار الماء فيها. وينجم عنها تكون الضباب بكثرة فوق المسطحات المائية خلال فصل الربيع وأوائل الصيف، وإذا ما انتقل هواؤها إلى يابس شديد الحرارة، فإنه يسخن في طبقاته السفلى، ويرتفع إلى أعلى، حيث يتكاثف بخار الماء الموجود به وتسقط الأمطار المصحوبة غالباً بعواصف رعدية فيما بعد الظهر.



شكل رقم (72): يوضح تلاقي الكتل الهوائية المتضادة من مصادر مختلفة فوق مياه البحر المتوسط.



الكتل الهوائية الاستوائية .Equatorial, A. M

وأهم مصادرها الهواء المداري حينما يتحرك ويعبر خط الاستواء الحراري Heat Equator[(1)]، وبالتالي ترتفع درجة حرارته كثيراً، ويتحمل بكميات كبيرة من بخار الماء، عند مروره فوق المحيطات في الجهات الاستوائية. وتغزو هذه الكتل صيفاً جهات الهند ووسط إفريقية والسودان والحبشة. وهي مصدر الرياح الموسمية التي تهب على تلك الجهات صيفاً، وتسقط كميات وفيرة من الأمطار[(2)].

استقرار الكتل الهوائية وعدم استقرارها Stability and Instability

إذا تحركت الكتل الهوائية أو ثبتت فوق سطح أدفأ منها، فإن هواءها يسخن في طبقاتها السفلى. وينجم عن ذلك حدوث تيارات هوائية صاعدة تؤدي إلى خلق حالة اضطراب، وعدم استقرار في الكتلة الهوائية التي تتسم بأنها غير مستقرة Unstable، وذلك مثل الكتل المدارية البحرية عند انتقالها إلى اليابس في فصل الصيف، أو الكتل القطبية القارية عند انتقالها إلى المحيط في فصل الشتاء.

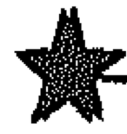
أما إذا حدث العكس وتحركت الكتلة الهوائية فوق سطح أبرد منها، فإن هواءها يبرد في طبقاته السفلى، ويظل ملاصقاً لهذا السطح. ولا يكون هناك سبب لحدوث أي اضطراب في هواء الكتلة التي تتصف في هذه الحالة بأنها مستقرة Stable، مثل الكتل المدارية الحارة عندما تتحرك باتجاه القطبين[(3)].

---

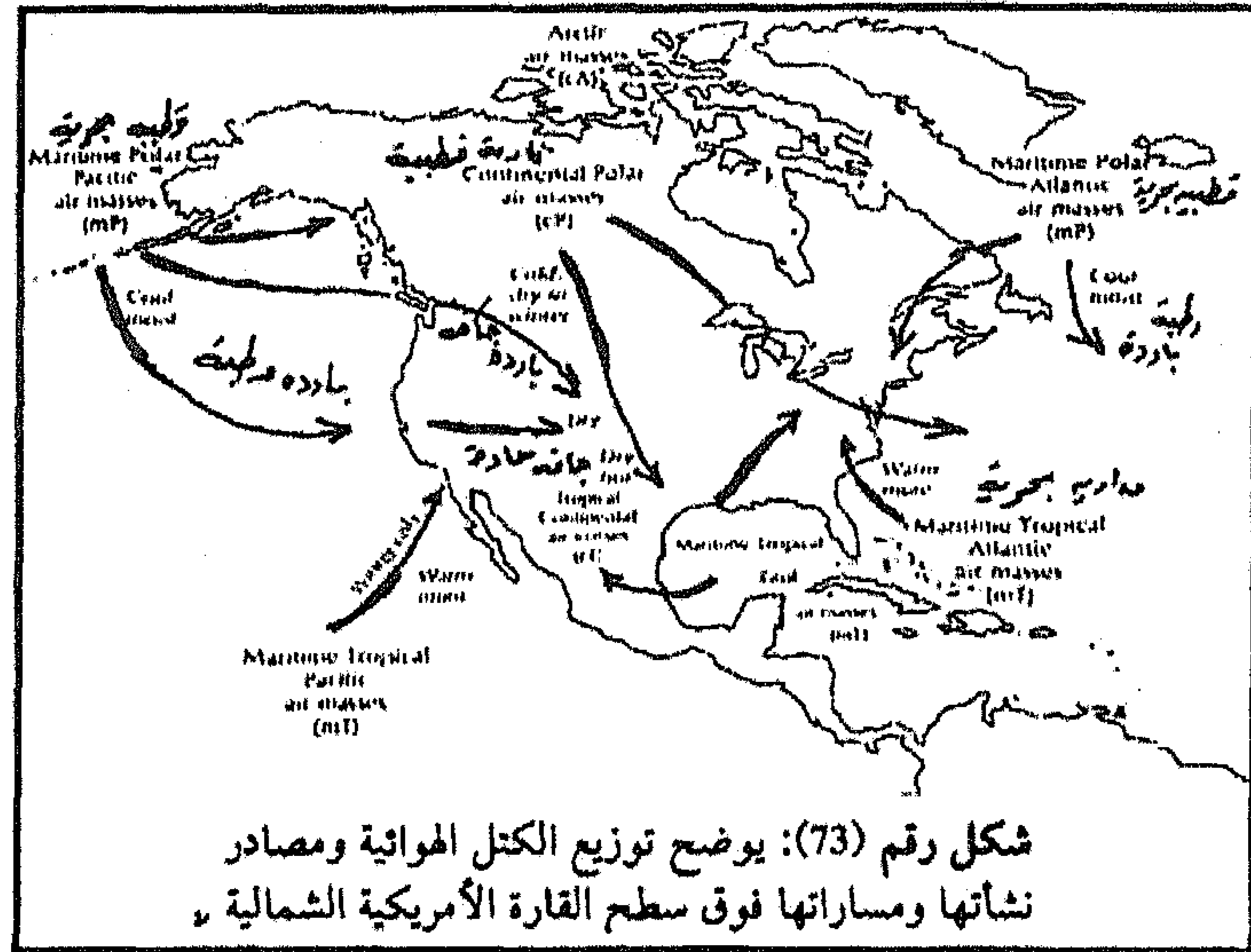
(1) خط الاستواء الحراري: هو الخط الواصل بين أعلى متوسطات الحرارة على خطوط العرض المختلفة، فهو يقع في معظم أجزائه إلى الشمال من خط الاستواء الفلكي (دائرة عرض صفر)، نظراً لاتساع اليابس في نصف الكرة الشمالي وارتفاع نسبته.

(2) د. فهمي هلالي، الطقس والمناخ، الإسكندرية، عام 1976م، ص 123-125.

(3) المرجع السابق.

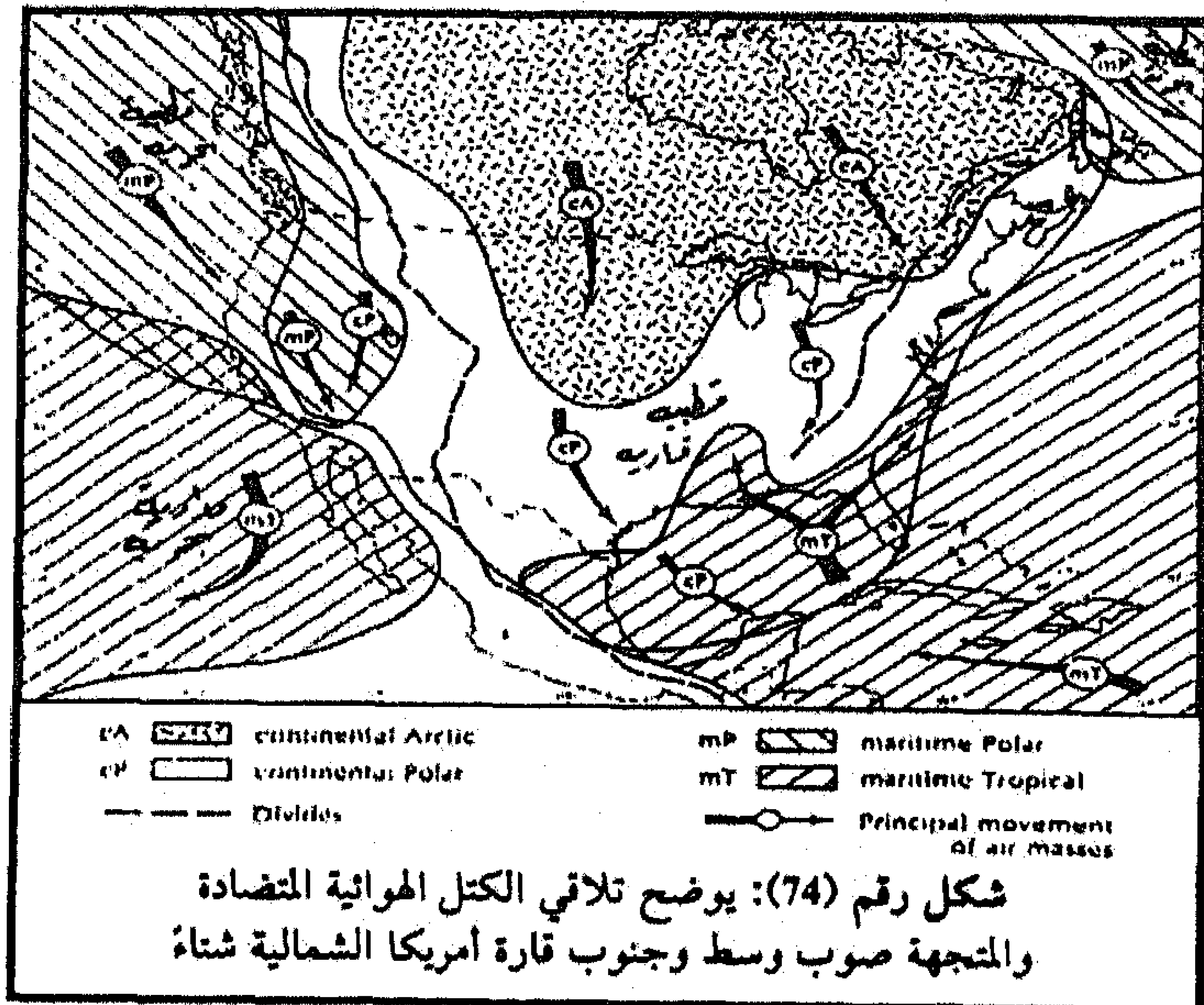


ويرمز للكتل الهوائية المستقرة التي تكون أدفأ من السطح الذي تحتها بالرمز (W) وهو الحرف الأول من الكلمة الألمانية Warm.



شكل رقم (73): يوضح توزيع الكتل الهوائية ومصادر نشأتها ومساراتها فوق سطح القارة الأمريكية الشمالية.

تقدم الكتل القارية من كندا والمحيط الهادي صوب خليج المكسيك في الولايات المتحدة الأمريكية.



شكل رقم (74): يوضح تلاقي الكتل الهوائية المتضادة والمتجهة صوب وسط وجنوب قارة أمريكا الشمالية شتاءً

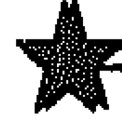


أما الكتل غير المستقرة أي التي تكون أبرد من السطح الذي تحتها فيرمز لها بالحرف (K) وهو أول حرف من كلمة Kalt الألمانية ومعناها بارد. ويوضع هذا الرمز أو ذاك إلى جانب الرمزين اللذين سبقت الإشارة لبيان نوع الكتلة الهوائية بصورة أكثر تحديداً. فمثلاً الكتلة القطبية البحرية المستقرة يكون رمزها (MPW) والكتلة المدارية القارية غير المستقرة يكون رمزها (CTK) وهكذا. وقد اتفق دولياً على هذه الرموز، إذ يكفي مثلاً أن نعرف الكتل الهوائية المسيطرة على منطقة ما في وقت معين؛ حتى نعرف معظم الظاهرات الجوية الموجودة في تلك المنطقة. كما أنه يمكن أن نعرف الصفات المناخية لإقليم معين في الفصول المختلفة، إذا ما عرفنا نوع الكتل الهوائية التي يتعرض لها هذا الإقليم في كل فصل من الفصول.

أما عن أثر هذه الكتل الهوائية في أحوال الطقس والمناخ في جهات العالم المختلفة، فيتوقف على نوع الكتل التي تؤثر في كل منها. فبعض الجهات يتأثر مناخه بنوع واحد من الكتل الهوائية يسوده طيلة العام، وتلك هي غالباً المناطق التي تنشأ فيها الكتل الهوائية التي ذكرت آنفاً. وبعضها الآخر يتأثر بأنواع من الكتل التي تتشابه في الفصل الواحد، ولكنها تختلف من فصل لآخر. فالصين تتأثر مثلاً بالكتل القطبية الباردة في الشتاء، وبالكتل المدارية البحرية التي تتكون فوق المحيط الهادي الشمالي صيفاً. كما تتأثر الولايات المتحدة الأمريكية بكتل قطبية باردة في الشتاء وبكتل مدارية بحرية تنشأ فوق المحيط الأطلسي والهادي[1].

ثم هناك جهات أخرى تتأثر بأنواع من الكتل، تختلف في الفصل الواحد اختلافاً يجعل طقسها عرضةً للتغير من وقت لآخر. فجهات غرب أوروبا تتأثر شتاءً بالكتل المدارية القارية الدافئة، وأحياناً بالكتل القطبية الباردة القارية

(1) Griffith, J. F. and Driscoll, D. M.; Op. Cit. PP. 172-176.



والبحرية. أما في فصل الصيف فتتعرض لكتل هوائية حارة تنشأ فوق أوراسيا الحارة، كما تتعرض لكتل قطبية بحرية تلطف من شدة الحرارة[1].

وحينما تتقابل كتلتان هوائيتان تختلفان في خصائصهما وسماتهما المناخية، فإنهما لا تختلطان إحداهما بالأخرى بسهولة. وحينما تتقابلان وجهاً لوجه بحيث تصل بينهما "جبهة هوائية Front" وهذه الجبهة ليست خطاً فاصلاً، ولكنها منطقة يتراوح عرضها ما بين 5 إلى 75 كيلو متراً تقريباً. وحينما تكون إحدى هاتين الكتلتين الهوائيتين بوجه عام أكبر وأقوى من الكتلة الأخرى فإن جبهتها هي التي تسود. فإن كانت الكتلة الحارة أقوى من الكتلة الباردة، فإنها تتقدم وترتفع فوق حافة الكتلة الباردة، حيث إن الهواء الساخن هو أكثر تمدداً وارتفاعاً، وبالتالي تتكون "جبهة دفيئة".

أما إن كانت الكتلة الباردة هي الأكبر والأقوى، فهي تتقدم وتنخفض للأسفل من مقدمة الكتلة الحارة؛ وبذلك تتشكل "جبهة باردة"، ولا يقتصر الأمر عند هذا الالتقاء، بل تحدث اضطرابات هوائية ومنخفضات جوية وأعاصير على طول تلك الجبهات الهوائية الفاصلة؛ بين تلك الكتل الهوائية المتباينة في خصائصها وسماتها المناخية بعضها عن بعض.

وحتى تتضح الصورة بطريقة أفضل لهذه الكتل، فسوف نتناول توزيعها في فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي:

1. توزيع الكتل الهوائية في الشتاء في نصف الكرة الشمالي

تصبح مصادر الكتل الهوائية وجبهاتها أثناء الشتاء الشمالي كما يلي:

أ. المنطقة القطبية الشمالية، وهي مصدر كتلة المنطقة المتجمدة.

(1) Ibid.

ب. المنطقة الكندية، وهي مصدر الكتلة القطبية القارية شمال قارة أمريكا الشمالية.

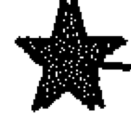
ج. منطقة شمال المحيط الهادي المدارية، وهي مصدر الكتلة المدارية البحرية، على شمال أوراسيا.

د. منطقة القارة الإفريقية، وهي مصدر الكتلة المدارية القارية التي تؤثر في إقليم البحر المتوسط.

وحينما تنتشر هذه الكتل الهوائية وتتحرك تاركةً مناطق نشأتها ومصادرها، فإنها تمر بمراحل انتقالية في سماتها المناخية المتباينة، حيث تتقابل وتتداخل بعضها بالبعض الآخر، مكونةً المنخفضات والأعاصير. فالكتلة فوق اليابس الكندي القطبي تتحرك بعد أن تغادر الساحل الكندي؛ وتقابل الكتلة المدارية البحرية على طول جبهة ممتدة من جزيرة آيسلاند حتى شبه جزيرة فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية.

أما الكتلة السيبيرية القطبية القارية والتي تنتشر على سواحل منشوريا وحدود الصين الشمالية، فإنها تتصف بسماتها المناخية القارية الشديدة البرودة، حيث تزحف باتجاه السواحل اليابانية لتتقابل مع الكتلة المدارية البحرية شمال المحيط الهادي. كما أن الكتلة القطبية الكندية القارية تتقابل هي الأخرى مع الكتلة المدارية البحرية مع السواحل الغربية لأمريكا الشمالية صيفاً.

أما الكتلة القارية القطبية الأوراسية، فتنجذب نحو منطقة الضغط المنخفض المتكونة فوق البحر المتوسط، لتتقابل مع الكتلة المدارية البحرية الناشئة فوق المحيط الأطلسي، ومع الكتلة المدارية القارية الناشئة فوق الصحراء الكبرى شمال إفريقية. كما تتعرض منطقة حوض الخليج العربي لغزو الكتل الهوائية المختلفة المنشأ خلال فصول السنة المختلفة. كما يتضح ذلك من الشكل التالي:



2. توزيع الكتل الهوائية في الصيف في نصف الكرة الشمالي:

حينما تكون الشمس عمودية على مدار السرطان يسود الدفء في نصف الكرة الشمالي، ويحدث هذا التوزيع كما يلي:

أ. تتسع منطقة تكوين الكتلة المدارية البحرية، في مناطق الضغط المرتفع فيما وراء المدار الشمالي وتتحرك باتجاه الشمال.

ب. تتسع منطقة تكوين الكتلة المدارية القارية، بحيث تشمل معظم اليابس الأوراسي وشمال إفريقية. كما تتكون منطقة إصدار كتلة مدارية قارية أخرى في وسط أمريكا الشمالية الغربي.

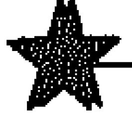
ج. تنكمش منطقة نشوء الكتلة القطبية القارية وتنحصر في شمال كندا وسيبيريا.



شكل رقم (75): يوضح تلاقي الكتل الهوائية المختلفة المصدر في فصل الصيف فوق سطح أمريكا الشمالية

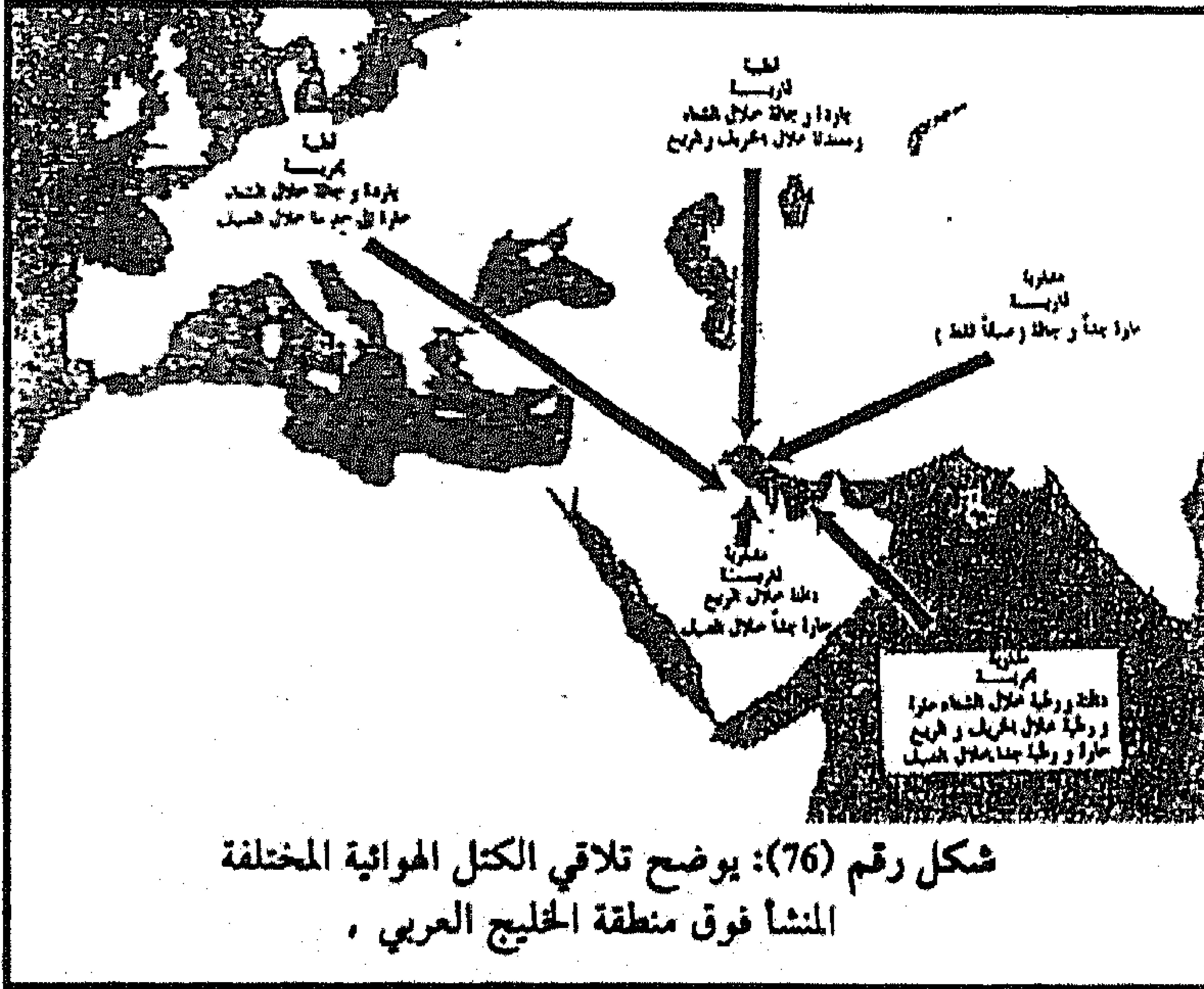
د. تظل منطقة كتلة الإقليم القطبي على حالها لا تتغير.

هـ. تفصل جبال الهملايا العالية بين الإقليم الموسمي الواقع تحت تأثير الهواء



المداري البحري فوق المحيط الهادي وبين الكتلة المدارية القارية فوق اليابس الآسيوي.

و. تقع منطقة شرق الولايات المتحدة تحت تأثير الهواء المداري البحـري مثـل إقليم العالم الموسمي في جنوب وشرق القارة الآسيوية.



شكل رقم (76): يوضح تلاقي الكتل الهوائية المختلفة المنشأ فوق منطقة الخليج العربي .

الفصل التاسع

الجبهات الهوائية



الفصل التاسع

الجبهات الهوائية

The Fronts Air

تمييز الجبهات.

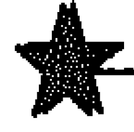
أنواع الجبهات الهوائية.

الجبهة الحارة.

الجبهة الباردة.

الجبهة المستقرة.

الجبهة المتحدة أو الختامية.



الفصل التاسع

الجبهات الهوائية

The Fronts Air

تعرف الجبهة الهوائية بأنها المنطقة التي تتلاقى فيها كتل هوائية متقاربة في خصائصها وسماتها، أو هي المنطقة الفاصلة بين هاتين الكتلتين اللتين تزحفان تدريجياً كل منهما للأخرى، حتى تندمجا معاً في جبهة هوائية متجددة. وتحدث غالباً اضطرابات جوية تزداد شدتها، كلما كان الاختلاف كبيراً بين الكتلتين من حيث درجة الحرارة ونسبة الرطوبة وحركة الهواء في كل منهما. فحين تلتقي كتلة هوائية مدارية بأخرى قطبية لا يختلط هواءهما بسهولة، بل يندفع الهواء القطبي البارد تحت الهواء المداري الدافئ، بسبب زيادة كثافة الأول عن الثاني. ولو كانت الأرض ثابتة فإن سطح الانفصال أو الجبهة سيكون أفقياً. ولكن نتيجةً لدوران الأرض حول نفسها فإن الجبهة تأخذ في الميلان على المستوى الأفقي، ويأخذ هذا الميل في الازدياد كلما يعبر عن خط الاستواء. وقد تمتد المنطقة الجبهوية الفاصلة بين الكتلتين الهوائيتين من 10- 100 كيلو متر، ولكنها ترسم على الخرائط الجوية كخط سميك مائل. وعند حدود الجبهة يلاحظ التغير السريع في درجة الحرارة وزيادة السحب والأمطار حسب نوع الجبهة[1].

تمييز الجبهات

هناك أنواع مختلفة من الجبهات ولكن بالرغم من ذلك فإنها جميعاً تشترك في بعض الحقائق التالية وهي:

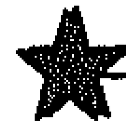
(1) د. عبد الغني سلطان، الجو عناصره وتقلباته، بغداد، 1987م، ص328-342.

1. تتكون الجبهات الهوائية دائماً على الحدود الفاصلة بين كتل هوائية متباينة.
2. تتكون جميع الجبهات الهوائية بوجه عام عند السطوح الخارجية لمراكز الضغط المرتفع.
3. يصعد الهواء الدافئ دائماً فوق الهواء البارد عند سطح الجبهة.
4. يهبط الضغط الجوي عند تقدم الجبهة ويرتفع بعد عبورها.
5. تتشكل الجبهات الهوائية بين المراكز المختلفة في درجات الحرارة.
6. يميل سطح الجبهة الهوائية إلى الأعلى فوق الهواء البارد، إما نحو المقدمة أو المؤخرة حسب اتجاه سيره.
7. تتحول الرياح قرب سطح الأرض باتجاه حركة عقارب الساعة، عند مرور الجبهة الهوائية، وعندما تتقابل الكتل الهوائية، وتتكون الجبهة الهوائية يطلق على هذه العملية نشوء الجبهة. ولكن عند زوال الجبهة واختلاط كتلتي الهواء يطلق على هذه العملية اضمحلال الجبهة.

أنواع الجبهات الهوائية

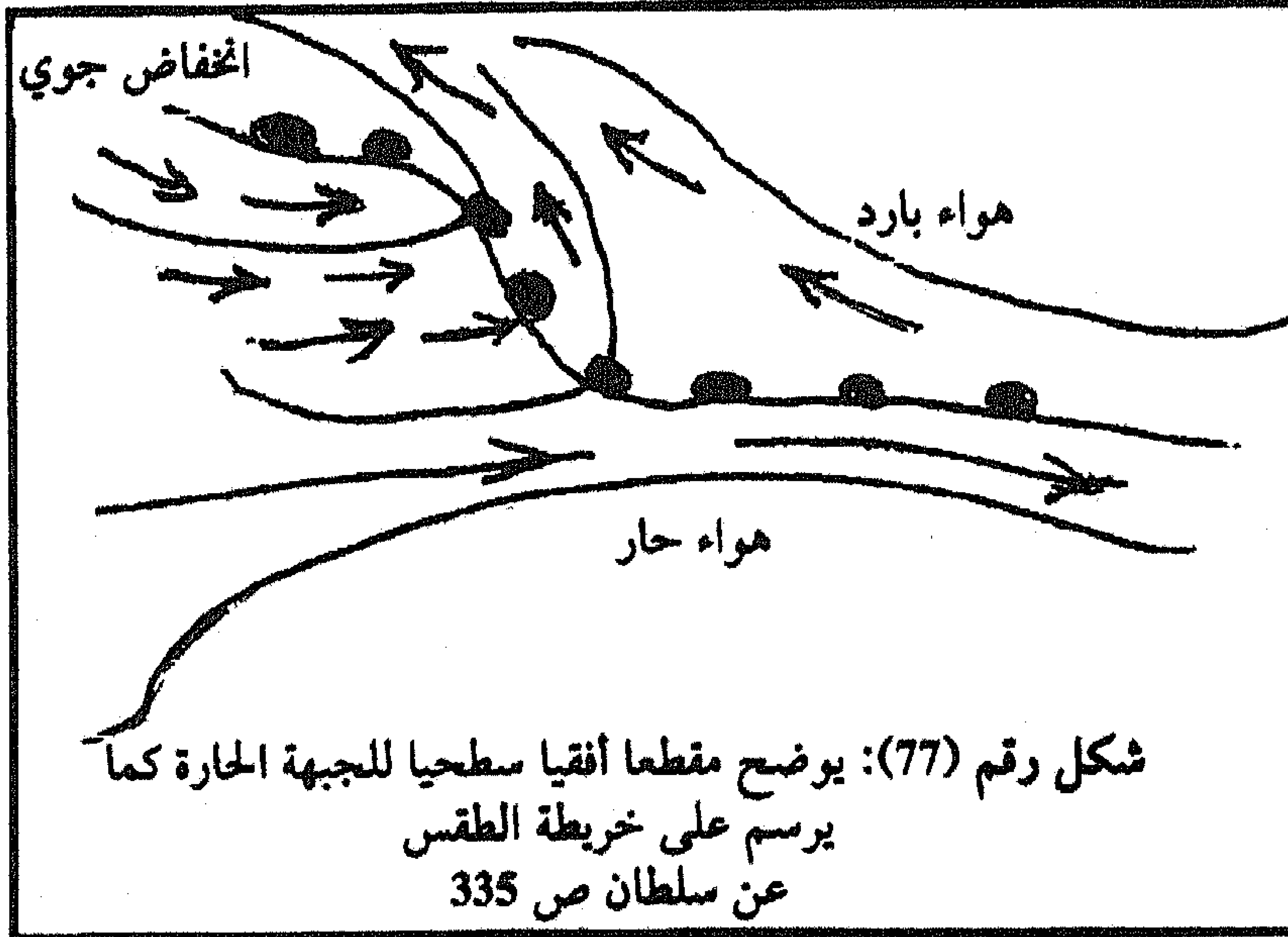
هناك عدة أنواع للجبهات الهوائية التي تجري متابعتها وتحديدها على خرائط الطقس وهي:

1. الجبهة الحارة.
2. الجبهة الباردة.
3. الجبهة المستقرة.
4. الجبهة المتحدة أو الختامية.



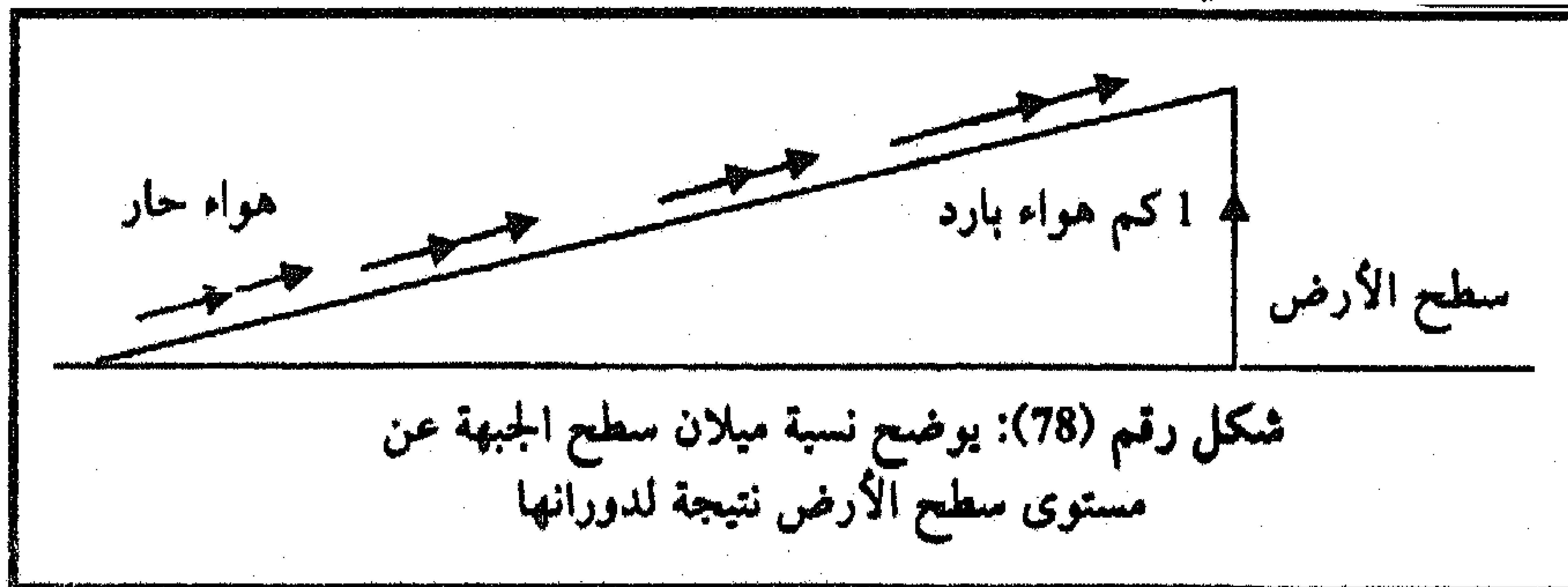
1. الجبهة الحارة

وهي الجبهة التي يتحرك عندها الهواء الحار (رطب عادةً)، باتجاه كتلة من الهواء البارد كما في الشكل التالي:



شكل رقم (77): يوضح مقطعا أفقيا سطحيا للجبهة الحارة كما يرسم على خريطة الطقس
عن سلطان ص 335

ويصعد الهواء الحار فوق الهواء البارد لقلة كثافته، حيث يندفع على شكل إسفين فوقه، ويميل سطح الجبهة الحار مع المستوى الأفقي بنسبة 1 إلى 250 بالمتوسط، أي ارتفاع واحد كيلو متر لكل 250 كيلو متراً من السطح الأفقي، كما في الشكل التالي:



شكل رقم (78): يوضح نسبة ميلان سطح الجبهة عن مستوى سطح الأرض نتيجة لدورانها



وتسير الجبهة الحارة في المتوسط بسرعة تتراوح ما بين 20-25 كيلو متراً في الساعة؛ يرافقها عادةً ارتفاع واضح في درجة الحرارة بسبب الهواء الحار خلف الجبهة. ويمكن تمييز معالم الجبهة الحارة قبل وصولها بمئات الكيلومترات، وذلك لأن الجو الذي يرافقها يغطي منطقة شاسعة أمام الجبهة. وقد تظهر بعض أنواع السحب قبل 48 ساعة من وصولها. كما يصحب الجبهة الحارة نطاق واسع من الظواهر الجوية بسبب الصعود البطيء للهواء الحار، وعدم وجود تيارات هوائية صاعدة، ثم تتشكل السحب العالية تليها السحب الطبقية المتوسط حينما تقترب الجبهة أكثر فأكثر فتغطي السماء كلياً[1].

وحينما يكون الهواء الحار غير مستقر، فإنه يؤدي إلى تيارات هوائية صاعدة قوية ينجم عنها سحب ركامية طبقية منخفضة أو طبقية مزنيّة (ممطرة) يطلق عليها نمبوستراتوس، بل ربما تظهر أيضاً سحب من نوع ستراتوس مع ضباب قرب سطح الأرض.

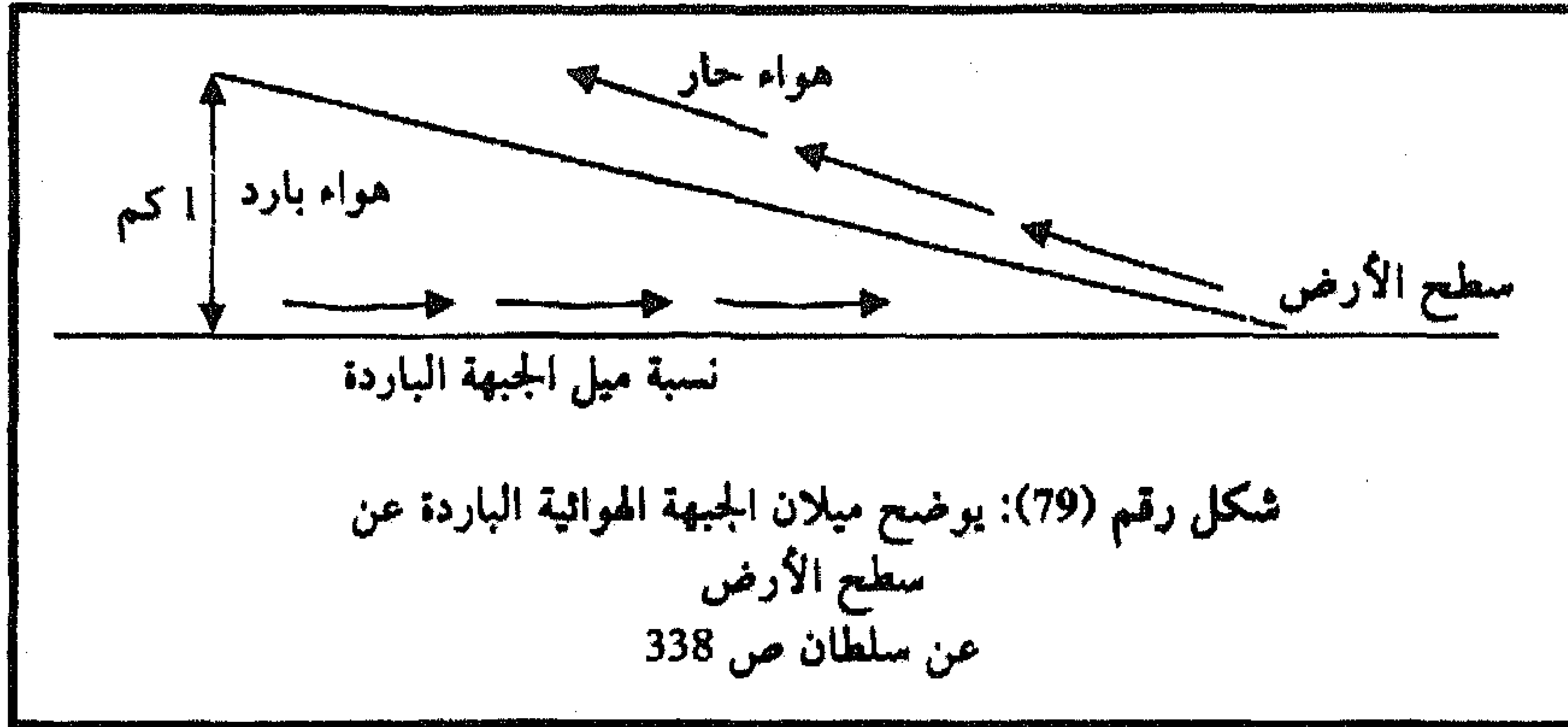
أما الأمطار فتسقط بغزارة في بداية صعود الهواء، ثم تقل تدريجياً وتزول السحب المنخفضة والمتوسطة، وتبقى في الجو السحب الطبقية العالية والتي تعرف بـ (السيروس) وبعد مرور الجبهة الحارة تزول السحب ويصحو الجو.

2. الجبهة الباردة

حينما يتقدم هواء بارد كثيف نحو هواء حار فيجبره على الصعود ويندفع بسرعة تحته كالأسفين، فإن السطح الفاصل بينهما يسمى جبهة باردة، وفيها يحل الهواء البارد محل الهواء الحار الصاعد فوقه كما في الشكل التالي:

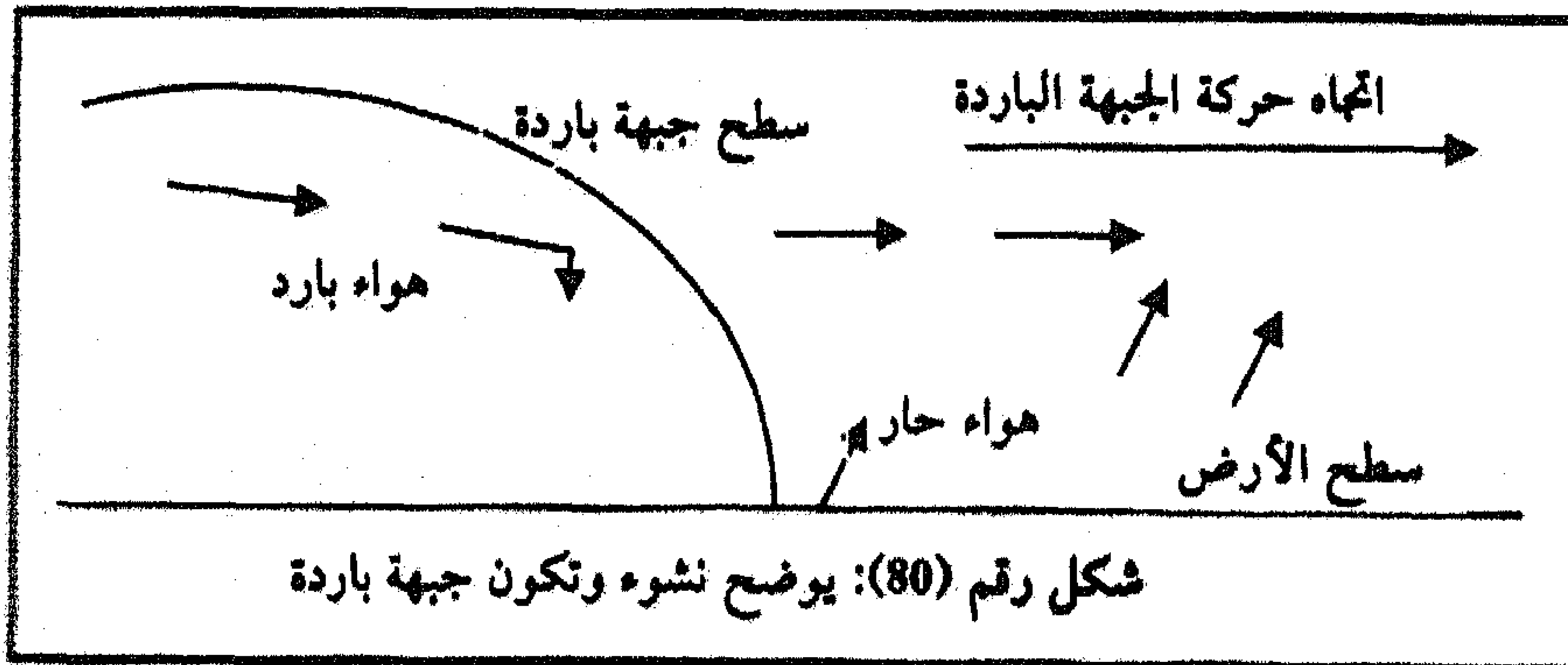
(1) Griffiths, J. F. and D. M. Dricoll; OP. Cit. PP. 272-280.





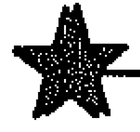
شكل رقم (79): يوضح ميلان الجبهة الهوائية الباردة عن سطح الأرض
عن سلطان ص 338

ويمكن تمييز اقتراب الجبهة الباردة من السحب التي تتكون مع امتداد رأسي كبير. وتختلف سرعة الجبهة الباردة هذه عن الجبهة الحارة السابقة. فبعضها أي الباردة تزيد سرعتها إلى ضعف سرعة الجبهة الهوائية الحار وبعضها الآخر يزيد قليلاً عليها. كما يتمدد سطح الجبهة الهوائية الباردة إلى الخلف كما في الشكل التالي:

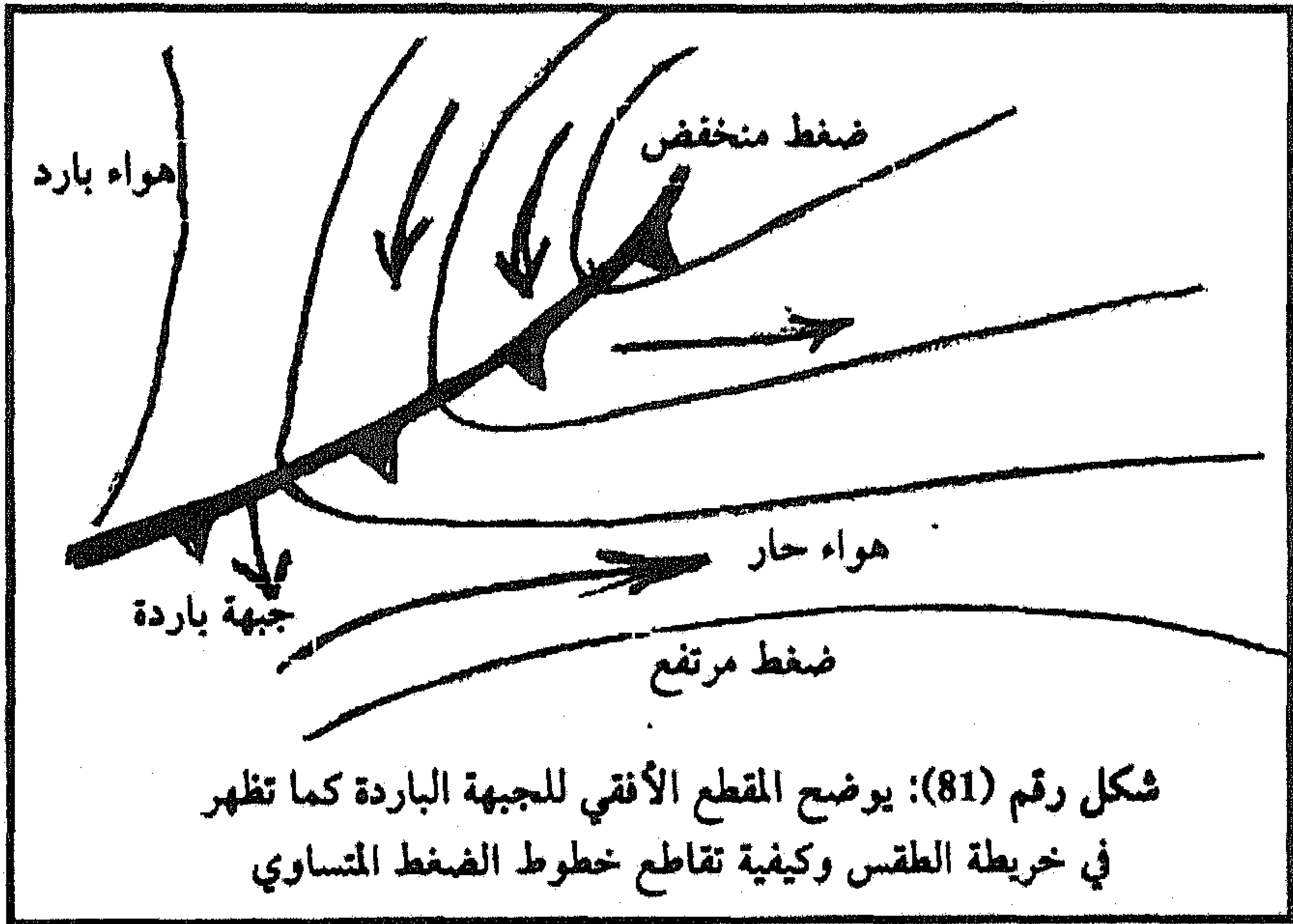


شكل رقم (80): يوضح نشوء وتكون جبهة باردة

بينما نجد الانحدار في الجبهة الهوائية الحارة أقل ومع اتجاه حركة الجبهة. لذلك نجد أن تكوّن السحب والتساقط يكون أكثر عنفاً ما يحدث في الجبهة الحارة، حيث ينحصر التساقط والسحب في الجبهة الباردة على نطاق أكثر ضيقاً مما في الجبهة الحارة. كما أن الجبهة الباردة تكون أكثر عنفاً وسرعةً في فصل الشتاء والرياح أقوى مما هو عليه الحال في فصل الصيف.



وتمثل الجبهة الباردة على خريطة الطقس بخط عليه مثلثات صغيرة، بينما في الجبهة الحارة ترسم على شكل خط عليه أنصاف دوائر. كما تكون خطوط الضغط المتساوي عند الجبهة الحارة على شكل زاوية باتجاه الضغط المرتفع كما في الشكل التالي:



شكل رقم (81): يوضح المقطع الأفقي للجبهة الباردة كما تظهر في خريطة الطقس وكيفية تقاطع خطوط الضغط المتساوي

إن الجو الذي يرافق الجبهة الباردة البطيئة الحركة يختلف عن الجو الذي يرافق الجبهة الهوائية السريعة. فإذا كان الهواء الحار مستقراً تشكل فوق المنطقة التي تلامسها الجبهة مباشرةً، السحب المنخفضة الطبقية المزنيّة، وتسقط الأمطار في الكتلة الهوائية الباردة بعد عبور الجبهة. أما إذا كانت الجبهة ضعيفة فلا تتكون سحب ولا تسقط بالطبع أمطار.

لكن إذا كان الهواء الحار غير مستقر ومشبع بالرطوبة وصعد فوق جبهة هوائية باردة وبطيئة الحركة، فتتكون حينئذ السحب الركامية الرعدية والممتدة رأسياً وذات القمة السندانية الشكل. ثم بالتالي تسقط الأمطار الرعدية. وبعد

عبور الجبهة تسقط أمطار غزيرة مستمرة في الهواء البارد، وفي الطبقات السفلى قد تتدفق الأمطار من السحب الطبقية الممطرة(1).

وعندما يندفع الهواء الحار إلى الأعلى بسرعة، قد تتكون على مسافة تتراوح ما بين 100-250 كم من مقدمة الجبهة الهوائية، سحب ركامية رعدية على شكل أبراج تمتد في حزام ضيق متخذة شكل الجدار، والذي يسمى بجدار العاصفة أوخط عدم الاستقرار. وينجم عدم الاستقرار هذا عن التيارات الهوائية النازلة من السحب الركامية الرعدية عند سطح الجبهة. وأثناء اندفاع الهواء البارد بسرعة نحو الهواء الحار، فيسبب إزاحة الثاني (الحار)، مما يؤدي إلى تكون رياح شديدة وأعاصير وعواصف رعدية.

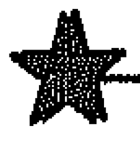
قال تعالى: ﴿ أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ يُزْجِي سَحَابًا ثُمَّ يُؤَلِّفُ بَيْنَهُ ثُمَّ يَجْعَلُهُ رُكَامًا فَتَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ مِنْ خِلَالِهِ وَيُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاءِ مِن جِبَالٍ فِيهَا مِن بَرَدٍ فَيُصِيبُ بِهِ مَن يَشَاءُ وَيَصْرِفُهُ عَن مَّن يَشَاءُ يَكَادُ سَنَا بَرْقِهِ يَذْهَبُ بِالْأَبْصَارِ ﴾ الآية 43 سورة النور.

ويعد عبور الجبهة الباردة يبدأ الضغط الجوي بالارتفاع بسرعة، بينما تهبط درجة الحرارة وتستقر الرياح باتجاه الغرب أو الشمال الغربي، ويصحو الجو ويستمر لبضعة أيام عدا المناطق الجبلية والمناطق الرطبة. فيستمر فيها وجود سحب ركامية أو ركامية طبقية منخفضة لفترة من الوقت.

3. الجبهة المستقرة Stable Front

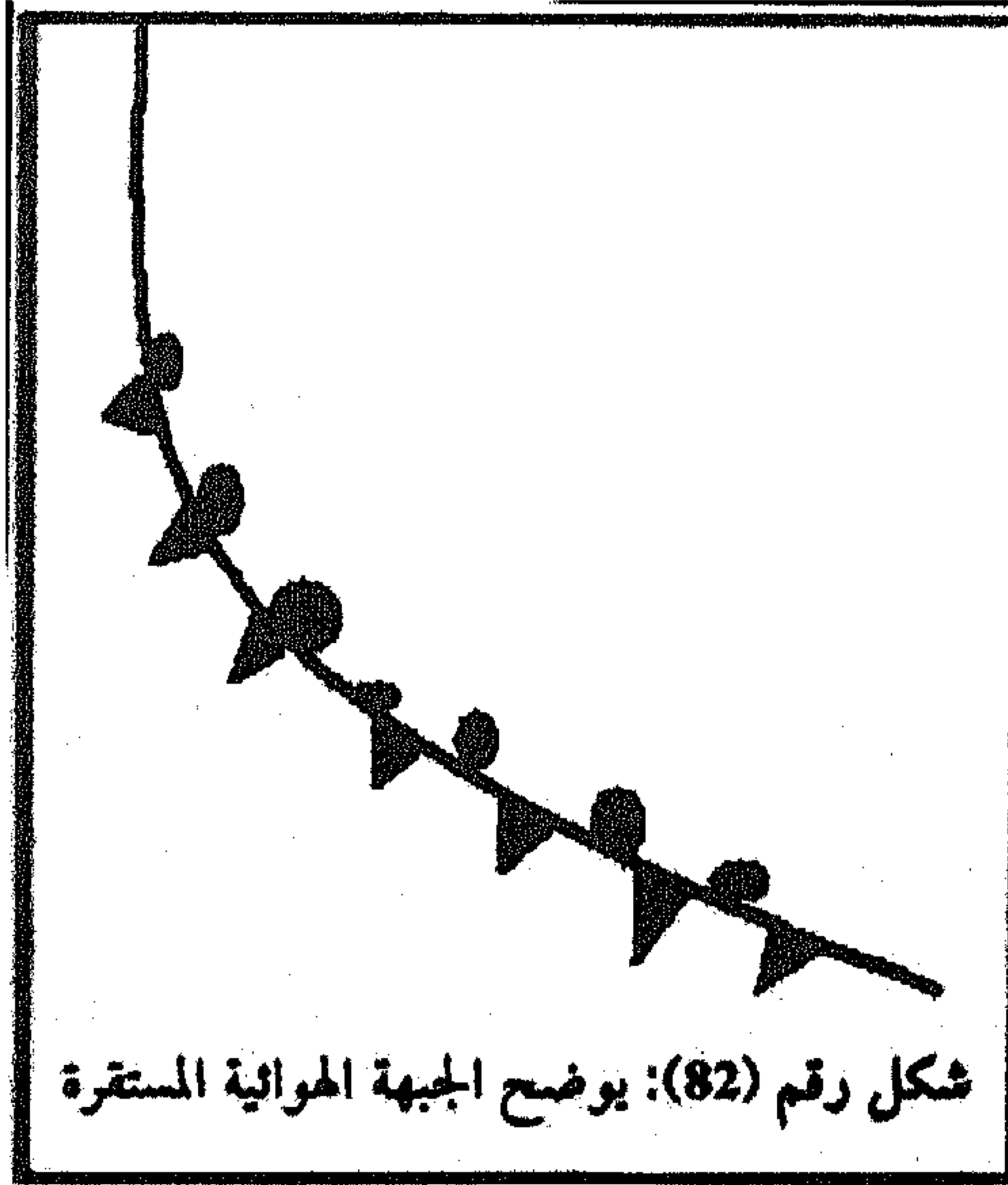
حينما تتوقف الجبهة الهوائية عن مواصلة الحركة، يطلق عليها الجبهة المستقرة. وقد تكون جبهة باردة مستقرة أو جبهة حارة مستقرة. كما أنها قد

(1) Ibid.



تستمر في مكانها عدة أيام، ثم تعود للحركة. ولكن تضعف فروق درجة الحرارة عندها فتركد الرياح ويتلو ذلك زوالها.

وترسم الجبهة المستقرة على خريطة الطقس على شكل خط عليه علامات الجبهتين الحارة والباردة، كل على أحد جانبي الخط باللون الأحمر (أنصاف دوائر) وباللون الأزرق للمثلثات علامة الجبهة الباردة كما في الشكل المجاور.



شكل رقم (82): يوضح الجبهة الهوائية المستقرة

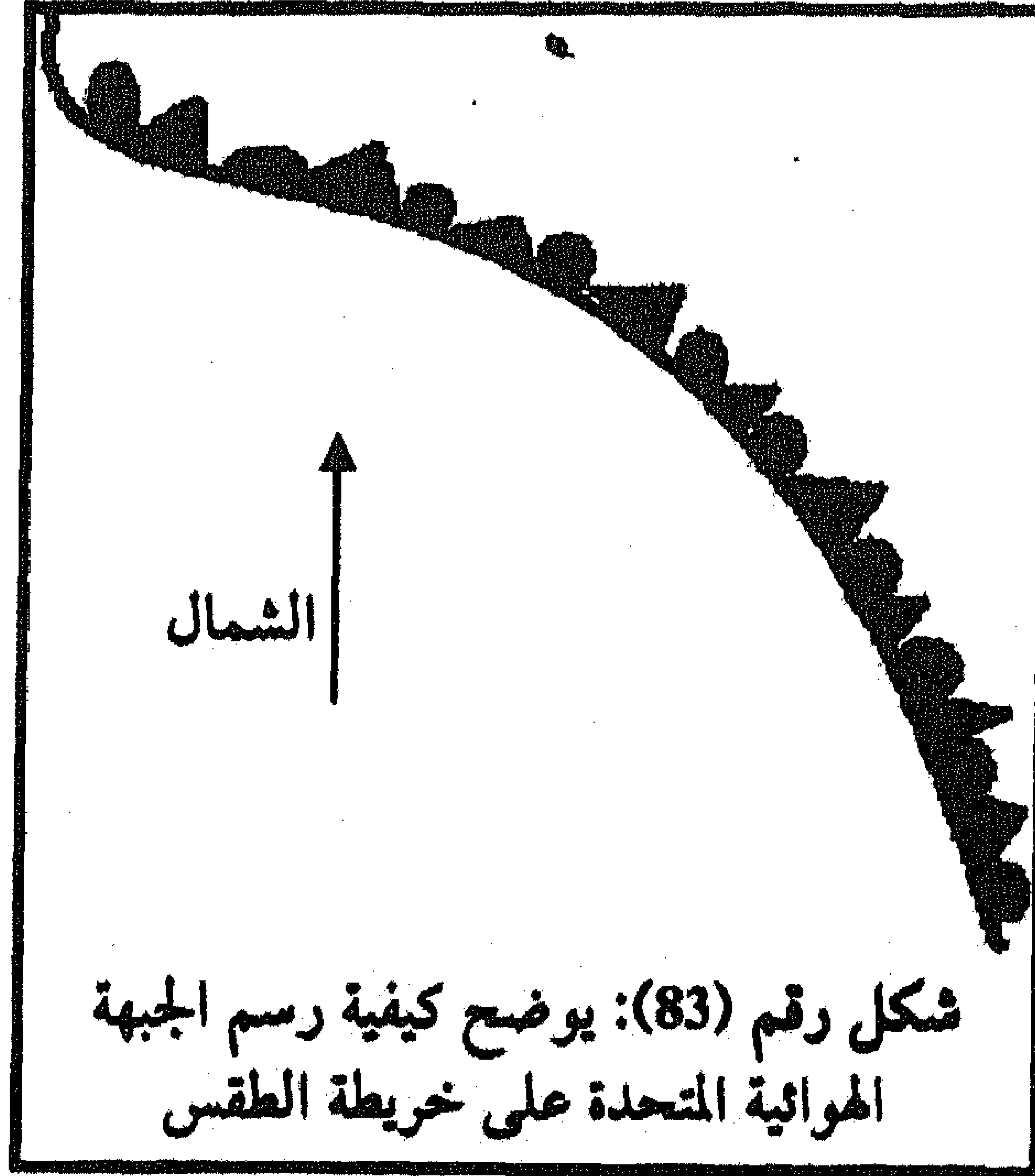
وتتسم الظروف الجوية المرافقة للجبهة الهوائية المستقرة، بأنها مماثلة لحدٍّ كبير للظروف المصاحبة للجبهة الهوائية الحارة، ولكنها أخف عنفاً وأكثر اعتدالاً، وإن سقطت الأمطار فقط تستمر لعدم أيام[1].

4. الجبهة المتحدة أو الختامية

وتتكون هذه الجبهة الهوائية حينما تلحق الجبهة الباردة بالجبهة الحارة، وتحصران بينهما الهواء الحار، ثم تبدأن بالاندماج في جبهة هوائية متحدة. وترسم

(1) Driscoll, d. M. Op. Cit.

الجبهة المتحدة هذه على الخريطة الجوية بخط متصل عليه من جانب علامات الجبهة الباردة (مثلثات صغيرة)، تتبعها على التوالي علامات الجبهة الحارة (أنصاف دوائر صغيرة)، وتعطى اللون الأرجواني أو البنفسجي كما في الشكل التالي:



شكل رقم (83): يوضح كيفية رسم الجبهة الهوائية المتحدة على خريطة الطقس

وهناك نوعان من الجبهة المتحدة هما:

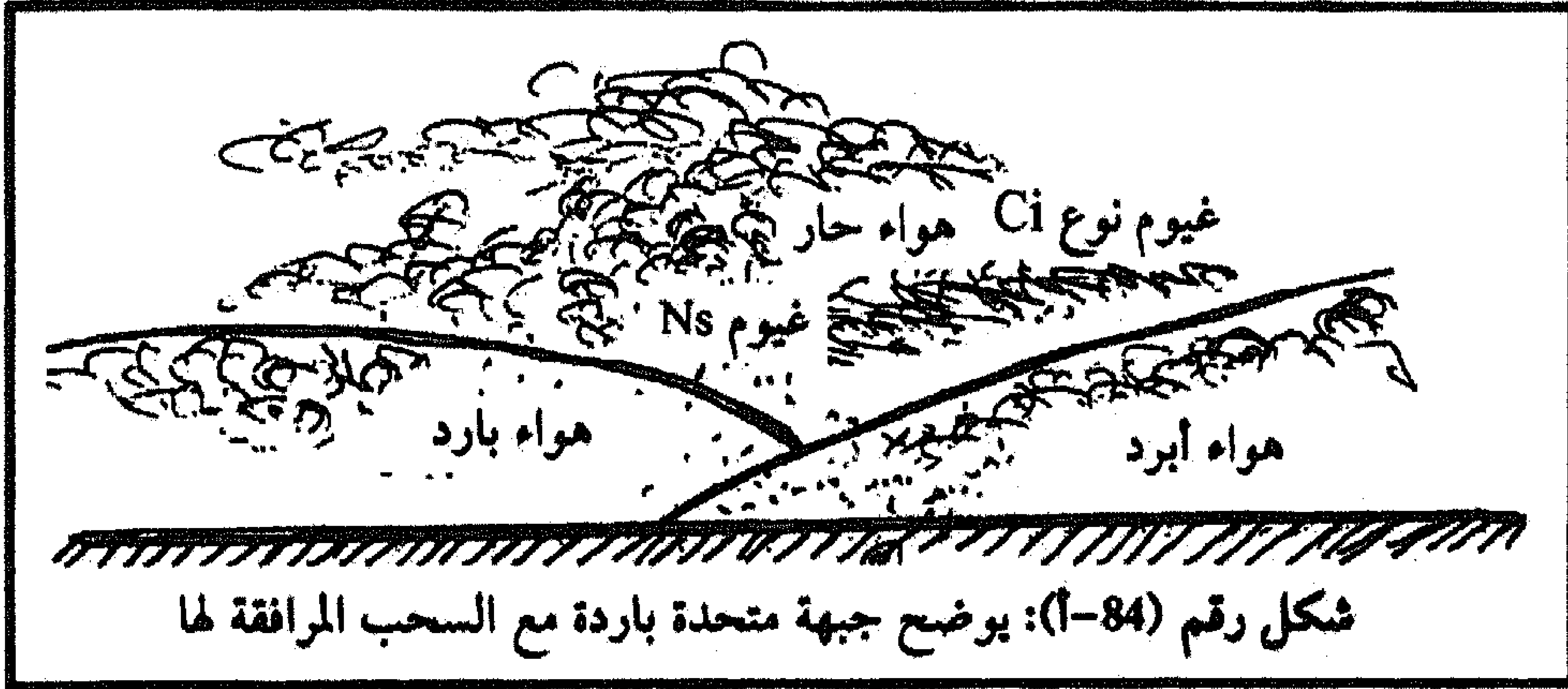
أ. الجبهة المتحدة الباردة.

ب. الجبهة المتحدة الحارة.

أ. الجبهة المتحدة الباردة.

وفيها يقوم الهواء البارد المتقدم برفع الهواء الحار من على سطح الأرض، فترتفع الجبهة الحارة إلى الأعلى كما في الشكل التالي:

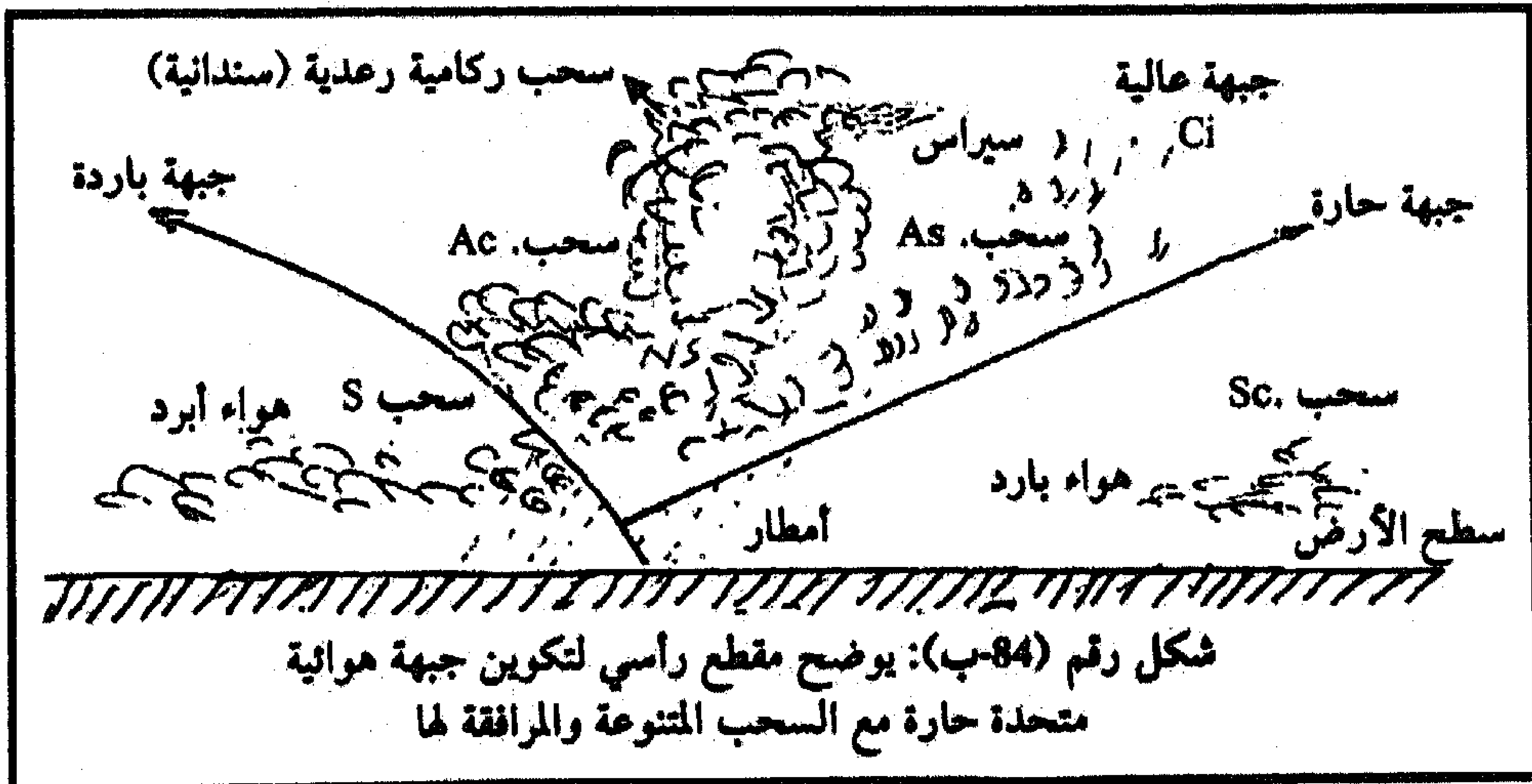




شكل رقم (84-أ): يوضح جبهة متحدة باردة مع السحب المرافقة لها

ب. الجبهة الهوائية الحارة

وفيها ترتفع الجبهة الهوائية الباردة عن سطح الأرض إلى الأعلى، لأن الهواء الموجود في مقدمة الجبهة الهوائية الحارة أبرد عند المقدمة من الهواء البارد، الموجود خلف الجبهة الباردة كما في الشكل التالي:



شكل رقم (84-ب): يوضح مقطع رأسي لتكوين جبهة هوائية متحدة حارة مع السحب المتنوعة والمرافقة لها

ويتميز الجو المصاحب لنوعي الجبهة الهوائية المتحدة بالسحب والتساقط في الهواء الحار خلال دفع الهواء البارد له إلى الأعلى. وتتكون أحياناً سحب ويحدث

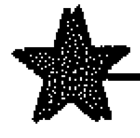
تساقط الأمطار نتيجة التفاعل بين كتلتي الهواء السطحيتين الباردتين في المستويات المنخفضة. وغالباً ما تكون بعض الخصائص لكل من الجبهة الباردة والحارة موجودة في نفس الجبهة الهوائية المتحدة كما في الشكل التالي:

هواء بارد
هواء بارد
سحب ركامية
طبقية متوسطة
Cb.
Ns
جبهة باردة
هواء حار
جبهة حارة
سحب ركامية
رعدية ممطرة .cb

شكل رقم (85): يوضح الجو المصاحب للجبهة المتحدة
مقطع أفقي

هواء حار
هواء بارد
سحب
AS.
هواء بارد
أمطار

شكل رقم (86): يوضح المقطع العمودي للجبهة المتحدة



كما أن هناك أنواعاً أخرى من الجبهات لا ترسم على خرائط التنبؤات الجوية، ونرى من المفيد الإشارة لها وهي:

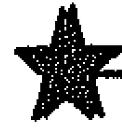
1. الجبهة القطبية.
2. الجبهة الاستوائية.
3. الجبهة الضعيفة.
4. الجبهة العالية.

1. الجبهة القطبية Polar Front

وهي جبهة هوائية دائمة تظهر قرب خطوط العرض العليا (60 شمالاً وجنوباً)، حيث تهب الرياح الغربية السائدة من الجنوب الغربي. وتتميز بدفئها النسبي وتتقابل مع الرياح القطبية الشرقية الباردة والتي تهب من ناحية الشمال الشرقي. ولا تستقر الجبهة القطبية الناجمة عن ذلك في مكانها كثيراً بسبب اندفاع الهواء القطبي خلالها. ويرجع الفضل الأكبر في دراستها للعالم النرويجي في المناخ والطقس بيريكنيس Bjerkness حيث يعتبر أول من درس هذه الظاهرة الجوية في العروض المعتدلة الباردة بناءً على ربطها بالكتل والجبهات الهوائية. وتظهر هذه الجبهة كمجمعة من الجبهات التي يتكون بعضها فوق اليابس وبعضها الآخر فوق الماء. وتتفاوت هذه الكتل الهوائية في خصائصها وسماتها من حيث درجة الحرارة والرطوبة، مما يؤدي لحدوث اضطرابات جوية عنيفة تغطي آثارها على الصفات المناخية في العروض التي تتأثر بها. (د. فائد، ص99).

2. الجبهة الاستوائية Equatorial Front

وهي جبهة هوائية دائمة أيضاً، ولو أنها ليست جبهة بالمعنى المعروف لأن درجات الحرارة متماثلة على جانبيها. لذلك كانت الاضطرابات الجوية الناتجة عنها ضعيفة وآثارها المناخية محدودة. وتتكون في العروض القريبة من خط



الاستواء نتيجة التقاء الكتل الهوائية المدارية شمال وجنوب خط الاستواء مع الكتل الأخرى[1].

3. الجبهة الهوائية الضعيفة (المتجمدة)

وتوجد هذه الجبهة في العروض العليا بالقرب من الدائرتين القطبيتين 66.5 شمالاً وجنوباً. وعند تلك العروض تلتقي الكتل الهوائية القادمة من القطبين مع الكتل الهوائية القادمة من العروض الوسطى المعتدلة الدفيئة (30° و40° شمالاً وجنوباً).

وتتسم هذه الجبهة بأن نشاطها ضعيف، حيث تعبر المنطقة دون أن ترى بوضوح. وتتمثل فيها الرطوبة ودرجات الحرارة ويمكن تميزها فقط من تحول اتجاه الرياح عند مرورها. وتكمن أهميتها في كونها قد تتحول فيما بعد إلى جبهة هوائية نشطة.

4. الجبهة الهوائية العالية

وهي الجبهة التي تظهر في الطبقات العليا للجو، فهي تهم الملاحة الجوية، كما أنها تؤثر على الأحوال الجوية في الطبقات السفلى. وتنشأ هذه الجبهة الهوائية العالية نتيجة تكون الجبهة الهوائية المتحدة. ففي حالة الجبهة الهوائية المتحدة الباردة تجبر الجبهة الهوائية الحارة على الصعود فوق الجبهة الهوائية الباردة، فتصبح جبهة هوائية حارة عالية. أما في حالة الجبهة الهوائية المتحدة الحارة فتصعد الجبهة الهوائية الباردة فوق الجبهة الحارة وتصبح جبهة هوائية باردة عالية كما في شكل (87).

وليس من الضروري رسم الجبهات الهوائية العالية على خريطة الطقس

(1) Stringer, E. Tm op. Cit.

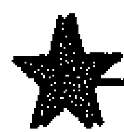
اليومية أو الأسبوعية، ولكن إذا تم رسمها فتأخذ شكل خط أحمر متقطع للجبهة العالية الحارة، وخط أزرق متقطع للجبهة العالية الباردة.

وتستعمل الألوان عادةً في الخرائط اليومية التي يتم إعدادها في مراكز التنبؤات الجوية، أما في المطبوعات والكتب فينفصل استعمال الرموز دون الحاجة لاستخدام الألوان كما في الجدول التالي:

نوع الجبهة	لون الجبهة على الخريطة
جبهةحارة	خط أحمر
جبهة باردة	خط أزرق
جبهة مستقرة	خط أحمر وأزرق
جبهة متحدة	خط أرجواني
جبهة عالية حارة	خط أحمر متقطع
جبهة عالية باردة	خط أزرق متقطع

ومن الجدير بالذكر أن الجبهات الهوائية تنشأ نتيجة التقاء كتل هوائية ذات سمات وخصائص مناخية متباينة. وتعتبر المناطق الواقعة ضمن العروض المعتدلة والباردة من بين أكثر جهات العالم التي تتكون فيها الجبهات الهوائية. وحينما تلتقي الكتل الهوائية المدارية مع الكتل القطبية بصفة مستمرة، يتمخض عن هذا التقابل ما يعرف بالجبهة القطبية Polar Front. وهي الجبهة التي يتكون عليها معظم المنخفضات الجوية Depressions، التي تتعرض لها تلك المناطق المجاورة لها، كإقليم البحر المتوسط مثلاً. وليست الجبهة القطبية جبهة متصلة، بل إنها تتقطع في المناطق التي يقل فيها الفرق بين سمات الكتل القطبية والمدارية.

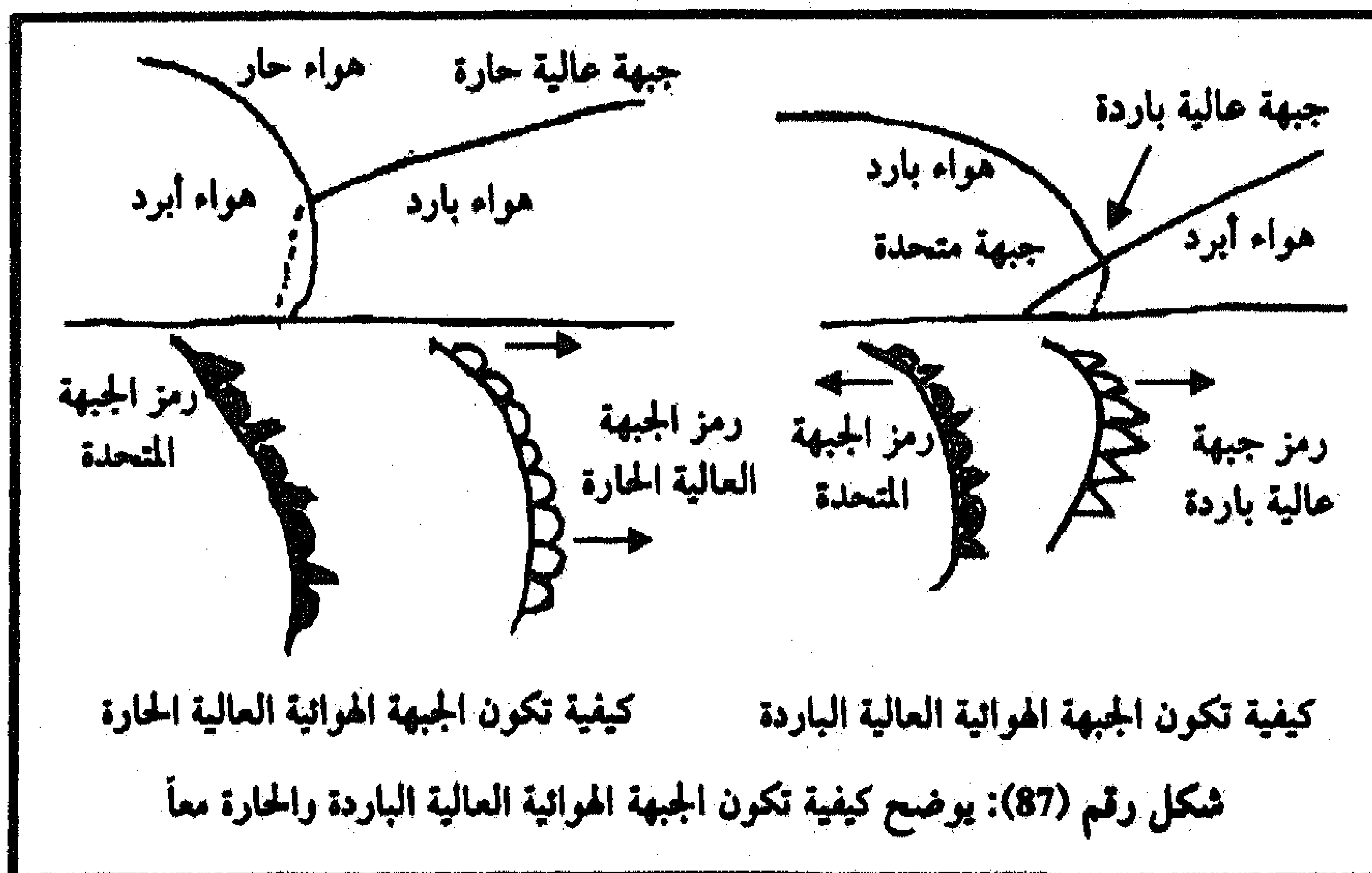
ومن أحسن الأمثلة على أجزاء الجبهة القطبية جبهتا المحيط الهادي والمحيط الأطلسي. وهما الجبهتان اللتان تقعان في الأطراف الشمالية للمحيطين المذكورين.



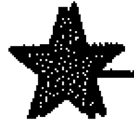
أما في فصل الشتاء فتظهر جبهة أخرى في البحر المتوسط، تفصل بين الكتل الهوائية الدافئة والكتل الباردة في شمال القارة الإفريقية، حيث تظهر فوق مياه البحر المتوسط وشمال إفريقية، وتعرف تحت اسم جبهة البحر المتوسط.

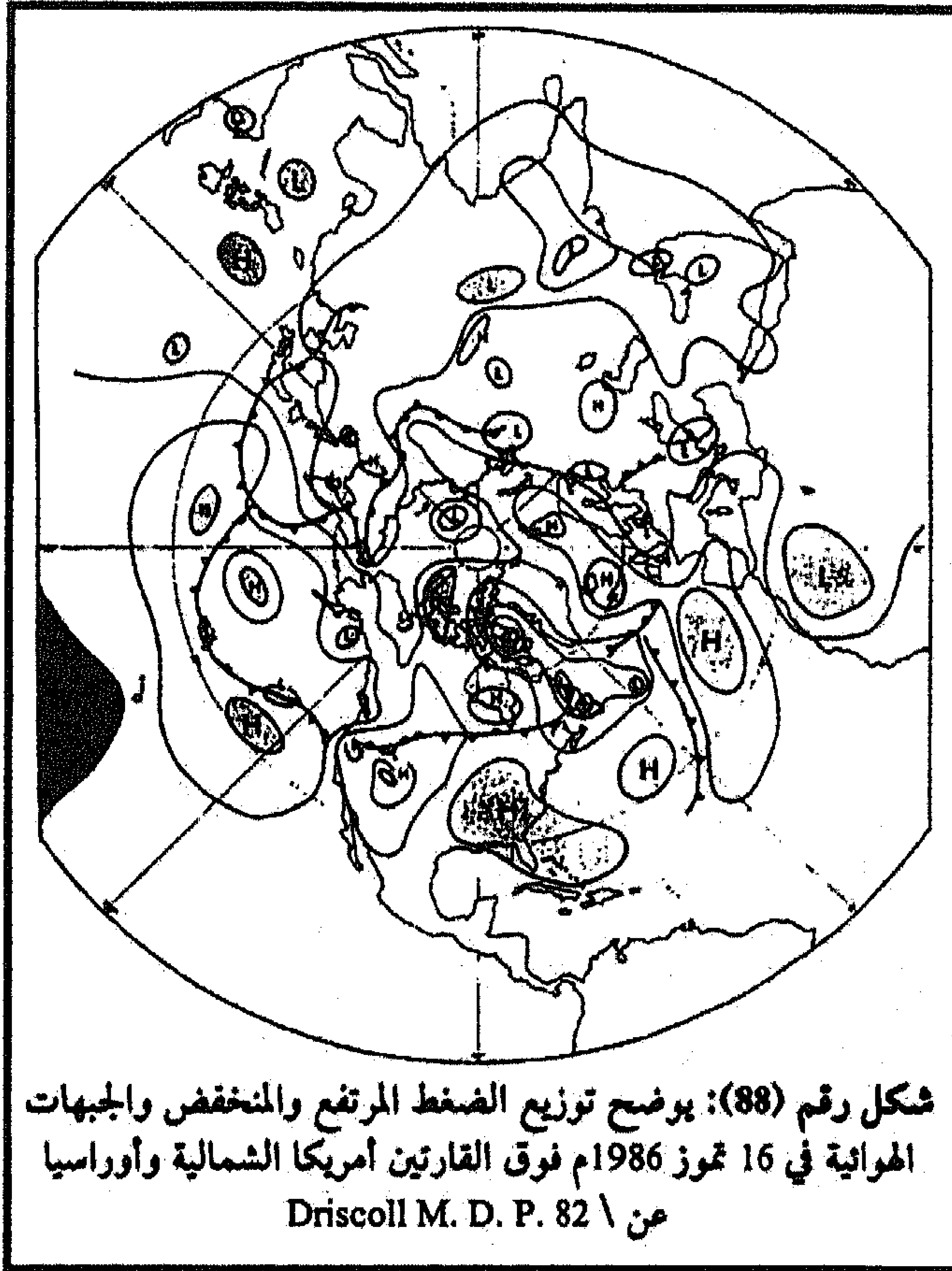
وعلى طول هذه الجبهة الأخيرة تتكون معظم المنخفضات الجوية الشتوية التي تؤدي إلى اضطراب الجو وسقوط الأمطار، وحدوث العواصف على هذا الحوض في فصل الشتاء.

أما فيما يتعلق بموقع الجبهة القطبية فتتزحزح شمالاً وجنوباً مع حركة الشمس الظاهرية، وزحزحة أقاليم الضغط الجوي والنطاقات الرئيسة للرياح. فالجبهة القطبية تمتد في فصل الشتاء حتى سواحل البحر المتوسط، بينما تنكمش في الصيف مساءً. كما أن هناك جبهة أخرى تعد من الجبهات الرئيسة في نصف الكرة الشمالي، وهي الجبهة القطبية Artic Front، التي تنشأ بالقرب من الدائرة القطبية الشمالية نتيجة للاختلافات في درجة الحرارة بين المسطحات المائية الشمالية واليابس. ومن أبرز الأمثلة على هذه الجبهة الجبهة الكندية في شمال قارة أمريكا الشمالية والجبهة الأطلسية في شمال أوروبا، والتي تتكون عليها معظم المنخفضات الجوية سواءً في قارة أمريكا الشمالية أو غرب أوروبا.

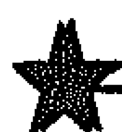


شكل رقم (87): يوضح كيفية تكون الجبهة الهوائية العالية الباردة والحارة معاً





شكل رقم (88): يوضح توزيع الضغط المرتفع والمنخفض والجبهات الهوائية في 16 تموز 1986م فوق القارتين أمريكا الشمالية وأوراسيا
عن \ Driscoll M. D. P. 82





شكل رقم (89): يوضح الضغط الجوي المرتفع والمنخفض والجبهات الهوائية الباردة والمتحدة في شمال كندا وفوق القارتين الأمريكية الشمالية وأوراسيا في 1 كانون ثاني 1969م

عن \ Driscoll M. D. P. 80

الفصل العاشر

المنخفضات الجوية



الفصل العاشر

المنخفضات الجوية

المنخفضات الجوية.

ما هي المساحة التي يغطيها المنخفض الجوي؟

هل هناك فرق بين المنخفضات الجوية والأعاصير المدارية؟

ما هي الظاهرات الجوية المرافقة لهذه المنخفضات؟

هل تصدق تنبؤات رجال الرصد الجوي مائة بالمئة؟

لماذا تنشأ وتتكون المنخفضات الجوية في البحر المتوسط؟

مسارات المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط.

الفصل العاشر

المنخفضات الجوية

المنخفضات الجوية

تتميز المنخفضات الجوية Depressions بأنها تتركز في العروض المعتدلة الدفيئة والباردة خاصة فيما بين دائرتي عرض 35-65 شمالاً جنوباً، حيث تسود ضمن هبوب الرياح الغربية الدائمة والرياح العكسية في غرب أوروبا والبحر المتوسط على التوالي. وتدفعها تلك الرياح كما يدفع تيار النهر دواماته المائية. ولما كان المنخفض الجوي Depression ينجم عن تقابل كتلتين هوائيتين متضادتين في تلك العروض المذكورة آنفاً، حيث يغلب عليهما تباينهما في السمات والخصائص المناخية (مدارية وقطبية، برية وبحرية). وتتميز هذه المنخفضات بأنها تسود في بعض الفصول وتختفي في فصول أخرى.

فمثلاً نجد أنها تكثر على وجه الخصوص في حوض البحر المتوسط في فصلي الشتاء والربيع، أما في منطقة غرب أوروبا شمال المحيط الأطلسي، فإنها تكثر في فصلي الخريف والشتاء.

ويبدو أن المنخفض الجوي يتخذ شكلاً بيضاوياً في خريطة الطقس اليومية، التي يعرضها الراصد الجوي في الإذاعات الجوية المرئية يومياً، تحيط به خطوط الضغط الجوي المتساوية، بحيث يصبح هذا المنخفض بؤرة مركزية تجذب إليها الرياح لتملأ بؤرته الجوفية. وحتى يتمكن المنخفض الجوي فلابد من تتابع الخطوات التالية عند تكوينه وهي:



أولاً: تقابل كتلة هوائية باردة بحرية وبرية، مع كتلة أخرى هوائية حارة برية أو بحرية.

ثانياً: بدء اندماج هوائي، حيث يندفع الهواء الدافئ لكثافته القليلة فوق الهواء البارد الأكثف نسبياً.

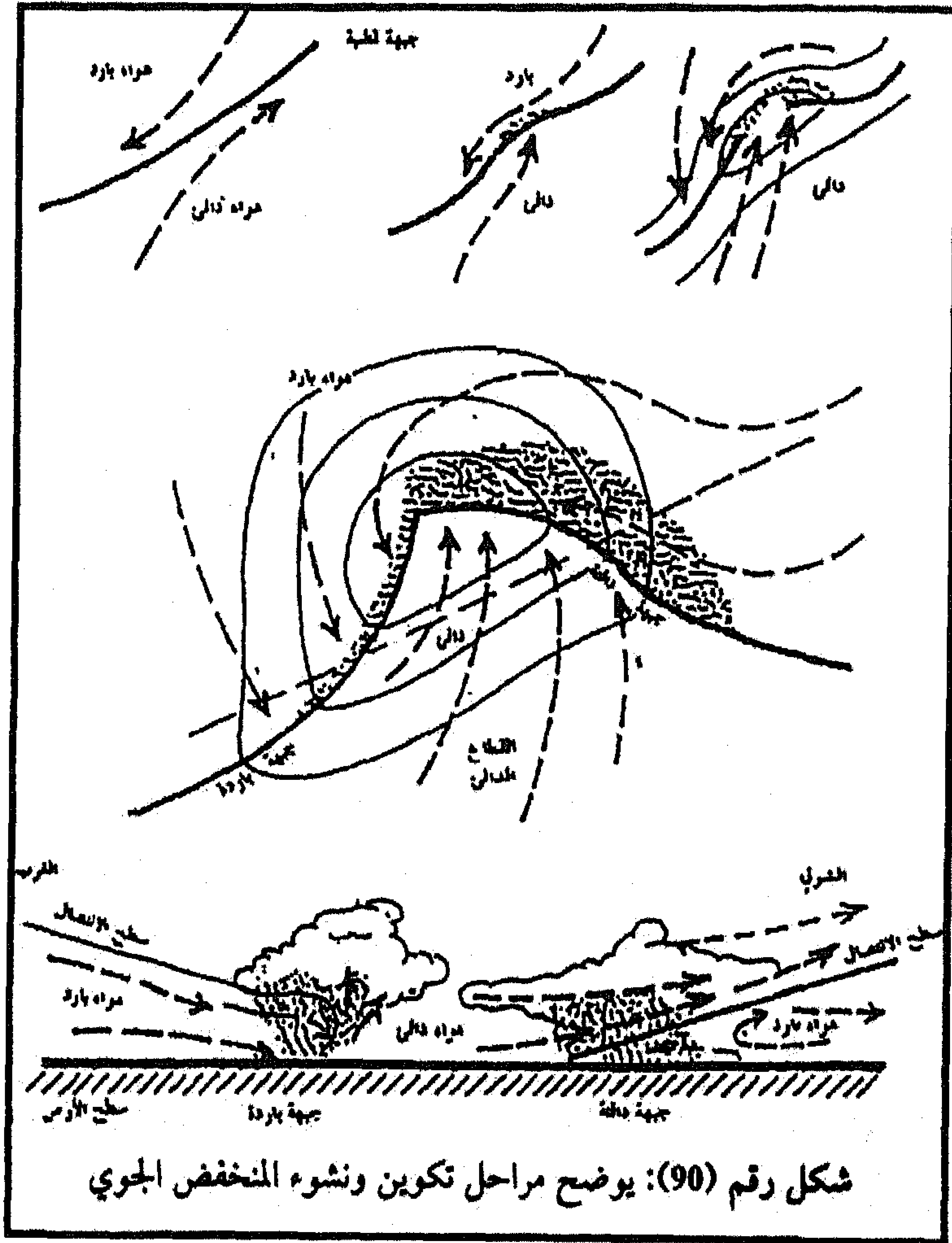
ثالثاً: تكون جبهة هوائية باردة تقابلها جبهة هوائية حارة.

رابعاً: تكوين المنخفض الجوي الذي نحن بصدده الآن.

خامساً: ملء عين المنخفض أو الإعصار بالهواء البارد الثقيل.

سادساً: هواء إعصاري بارد في نهاية المنخفض.

وفي بدء تكوين المنخفض الجوي تظهر الغيوم في السماء على شكل سحب رقيقة، ومتفرقة على ارتفاعات عالية. وعند اقتراب المنخفض الجوي تهب الرياح الدافئة من الشرق والجنوب الشرقي وتأخذ السحب في الاقتراب شيئاً فشيئاً من سطح الأرض ويتزايد سمكها أكثر فأكثر، حتى تحجب أشعة الشمس ثم تأخذ سرعة الرياح في التزايد باطراد، ودرجات الحرارة بالارتفاع وخطوط الضغط الجوي المتساوي في الانحدار، ثم يبدأ التساقط على شكل أمطار خفيفة (رذاذ) Tracts.



شكل رقم (90): يوضح مراحل تكوين ونشوء المنخفض الجوي

وحينما تصل الرياح الباردة لتملأ المنخفض Trough تؤدي لإحداث اضطراب شديد ومفاجئ، حيث تتحول الرياح من جنوبية غربية إلى رياح شمالية أو شمالية غربية، ثم تتزايد سرعتها باطراد أضعاف ما كانت عليه قبل وصولها لموقع المنخفض، وبالتالي وصول هواء قطبي شديد البرودة أحياناً من العروض القطبية، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل سحب داكنة وسميكة تقترب من سطح الأرض لأقل من نصف كيلو متر. فتحدث عواصف رعدية شديدة تنهمر



أثناءها الأمطار بغزارة شديدة ويرافقها أحياناً البرد أو الثلوج، وتستمر دون انقطاع ما دام المنخفض الجوي جاثماً ومتمركزاً في موقعه مثل جزيرة قبرص أو جزيرة كريت أو غيرها في البحر المتوسط.

ما هي المساحة التي يغطيها المنخفض الجوي؟

يتفاوت اتساع المنخفضات الجوية من منخفض لآخر، حسب المنطقة التي يتشكل فيها ذلك المنخفض. فبعضها ربما يغطي منطقة جغرافية يزيد قطرها عن 1600 كيلو متر، بينما بعضها الآخر يغطي منطقة لا يزيد قطرها عن 100 كيلو متر. أما تأثير المنخفض الجوي على الأرض فقد يظهر مداه في أماكن تبعد أحياناً عشرات وربما مئات الكيلومترات. كما أن لهذه الظاهرة المناخية (المنخفض الجوي)، دوراً رئيساً في وصول رياح قطبية قارسة البرودة، إلى مناطق يسود فيها المناخ المداري الحار. وأحيانا يؤدي هذا المنخفض لوصول رياح حارة من المناطق المدارية كالصحراء الكبرى إلى جنوب ووسط أوروبا.

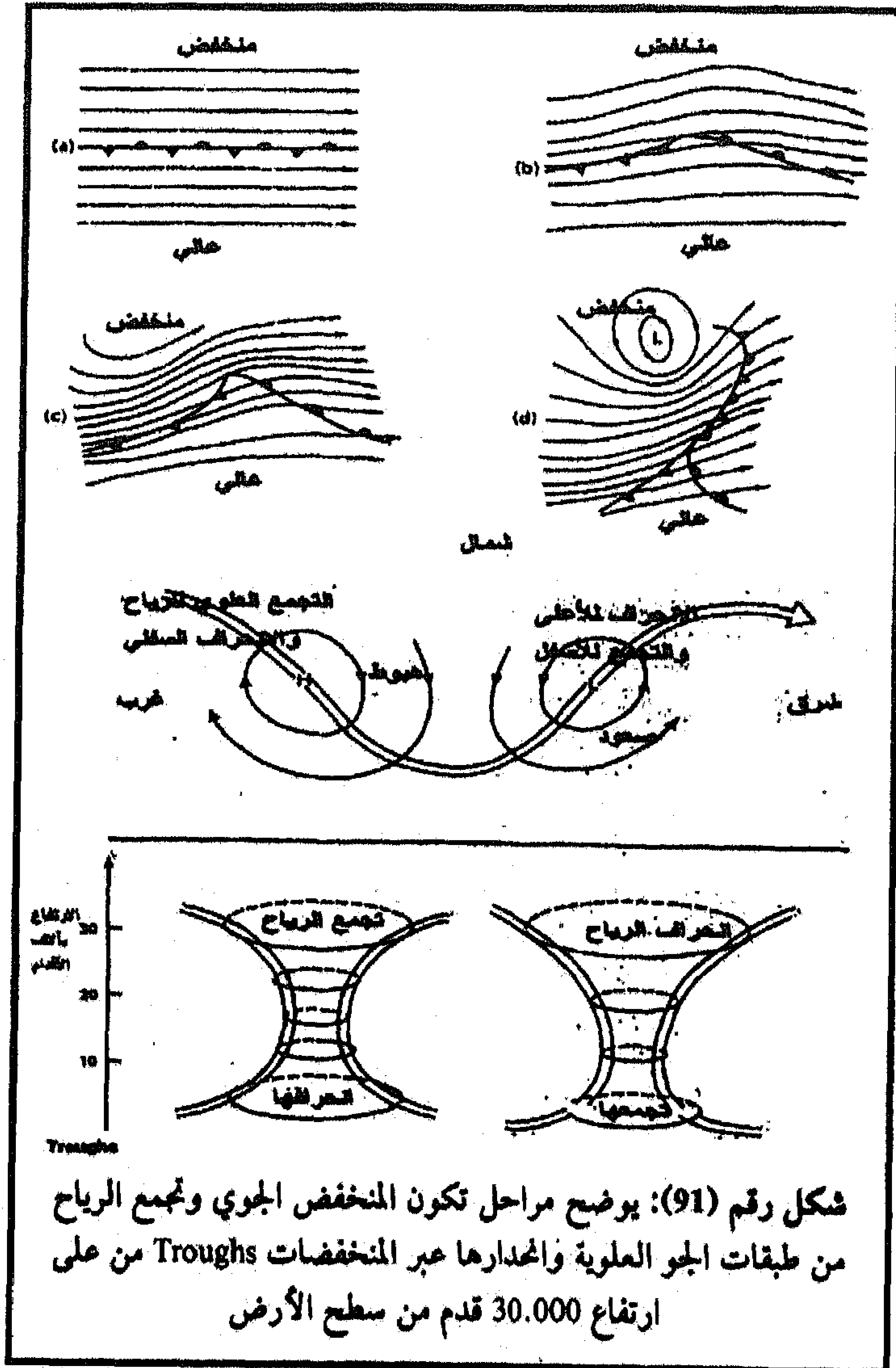
فقد حدث في أحيانٍ كثيرة أن عبرت في شمال إفريقية بل إلى شمال السودان رياح شديدة البرودة من شمال القارة الأوروبية. كما تتوغل الرياح الشمالية الباردة The Northern Wind في القارة الأمريكية الشمالية، حتى تصل لشواطئ ولايات فلوريدا ولويزيانا وألباما وتكساس، وهي ذات مناخ شبه موسمي وتوقع خسائر كبيرة في المنتجات الزراعية كالفواكه والخضروات وغيرها.

كما وصلت رياح شديدة البرودة لبادية الشام وأراضي الغور في الأردن عام 1989م، فأدت لهبوط الحرارة لما دون درجة التجمد ما بين 18 مئوية في الرويشد و10 درجات مئوية في الغور، ودمرت معظم المحاصيل الزراعية خاصة الخضروات ومنها القثائيات غير المحمية بالبيوت البلاستيكية.

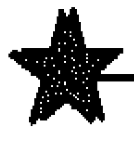


وتتفاوت كذلك المنخفضات الجوية بعضها عن البعض الآخر كذلك في العمق وشدة الانحدار لخطوط الضغط المتساوية نحو مركزها.

فإن كانت متقاربة دلت على أن الضغط الجوي ينخفض بسرعة وفي مسافة قصيرة، أما إن كانت متباعدة فمعنى ذلك أن الضغط الجوي نحو المركز يكون بطيئاً.



شكل رقم (91): يوضح مراحل تكون المنخفض الجوي وتجمع الرياح من طبقات الجو العلوية وانحدارها عبر المنخفضات Troughs من على ارتفاع 30.000 قدم من سطح الأرض

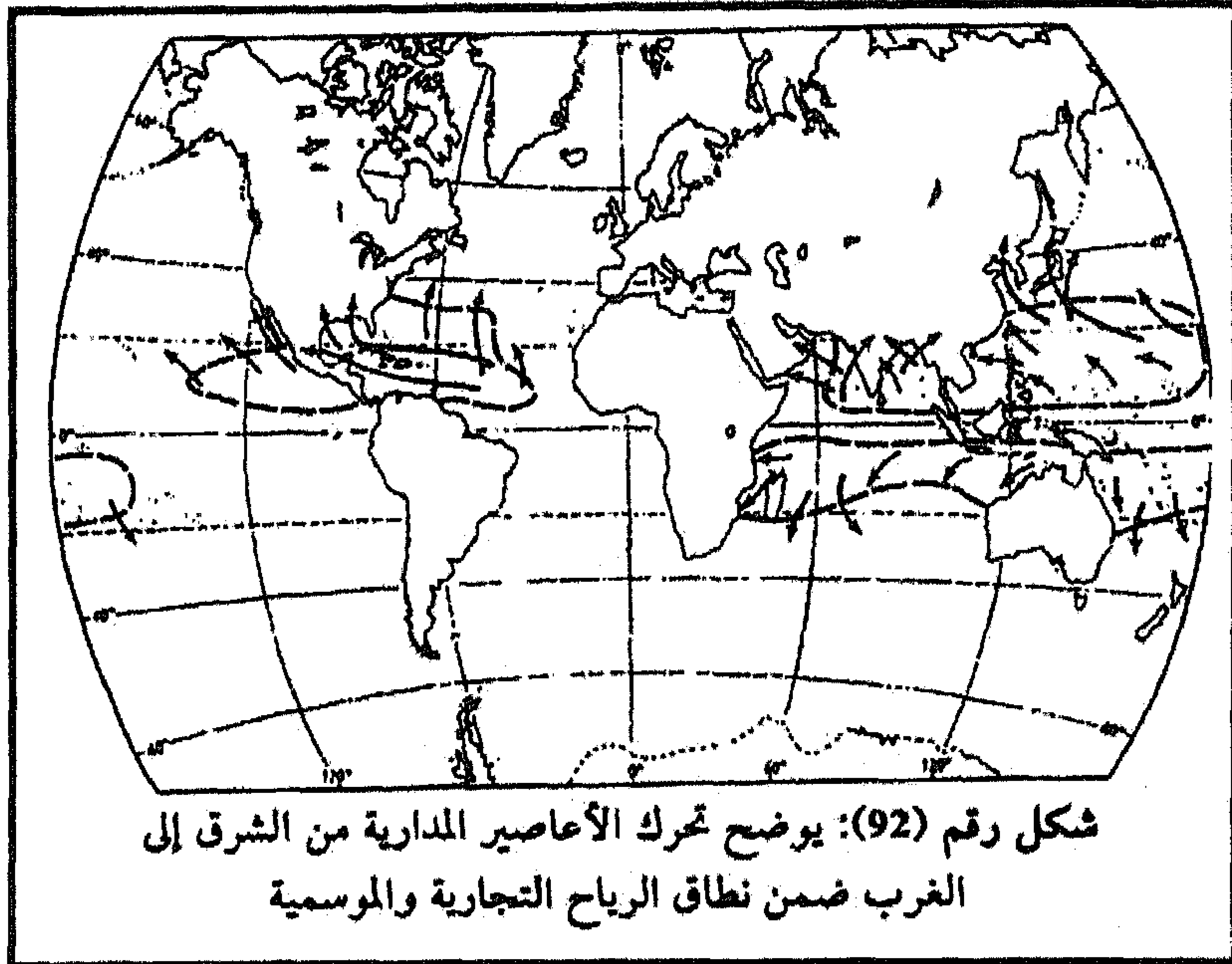


هل هناك فرق بين المنخفضات الجوية والأعاصير المدارية؟

ما من شك في أن هناك اختلافاً بيناً بين هاتين الظاهرتين المناخيتين. فالمنخفضات الجوية Depressions هي أعاصير المنطقة المعتدلة تدفعها الرياح الغربية الدائمة، مع الرياح العكسية ضمن العروض الواقعة بين دائرتي عرض 35–65 درجة شمالاً وجنوباً، من الغرب إلى الشرق في فصلي الشتاء والربيع في حوض البحر المتوسط، وفي فصلي الخريف والشتاء في غرب أوروبا.

بينما نجد الأعاصير المدارية Tropical Cyclones تحدث في العروض المدارية الواقعة بين دائرتي عرض 20–35 درجة شمالاً وجنوباً، كما هو الحال في أعاصير الهاريكين Hurricane في البحر الكاريبي، وخليج المكسيك غرب المحيط الأطلسي. فقد ضربت عدة أعاصير تلك المنطقة في شهري أيلول وتشرين الأول من عام 2005 مثل أعاصير كاترينا Catrina وريتا Rita وبيتا Bita ودافيد David وستان Stan وستانلي Stanly وغيرها. وأدت لخسائر مادية وبشرية قدرت بعدة آلاف في الأنفس وبما يزيد عن مائة وخمسة مليارات دولار أمريكي بالمنشآت الحضرية.

قال تعالى: ﴿أَوْ كَظُلُمَٰتٍ فِى بَحْرٍ لُّجِّىٍّ يَغْشَىٰهُ مَوْجٌ مِّن فَوْقِهِۦ مَوْجٌ مِّن فَوْقِهِۦ سَحَابٌ ظُلُمَٰتٌۢ بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ إِذَآ أَخْرَجَ يَدَهُۥ لَمْ يَكَدْ يَرَىٰهَا وَمَن لَّمْ يَجْعَلِ ٱللَّهُ لَهُۥ نُورًا فَمَا لَهُۥ مِن نُّورٍ﴾ الآية 40 من سورة النور.

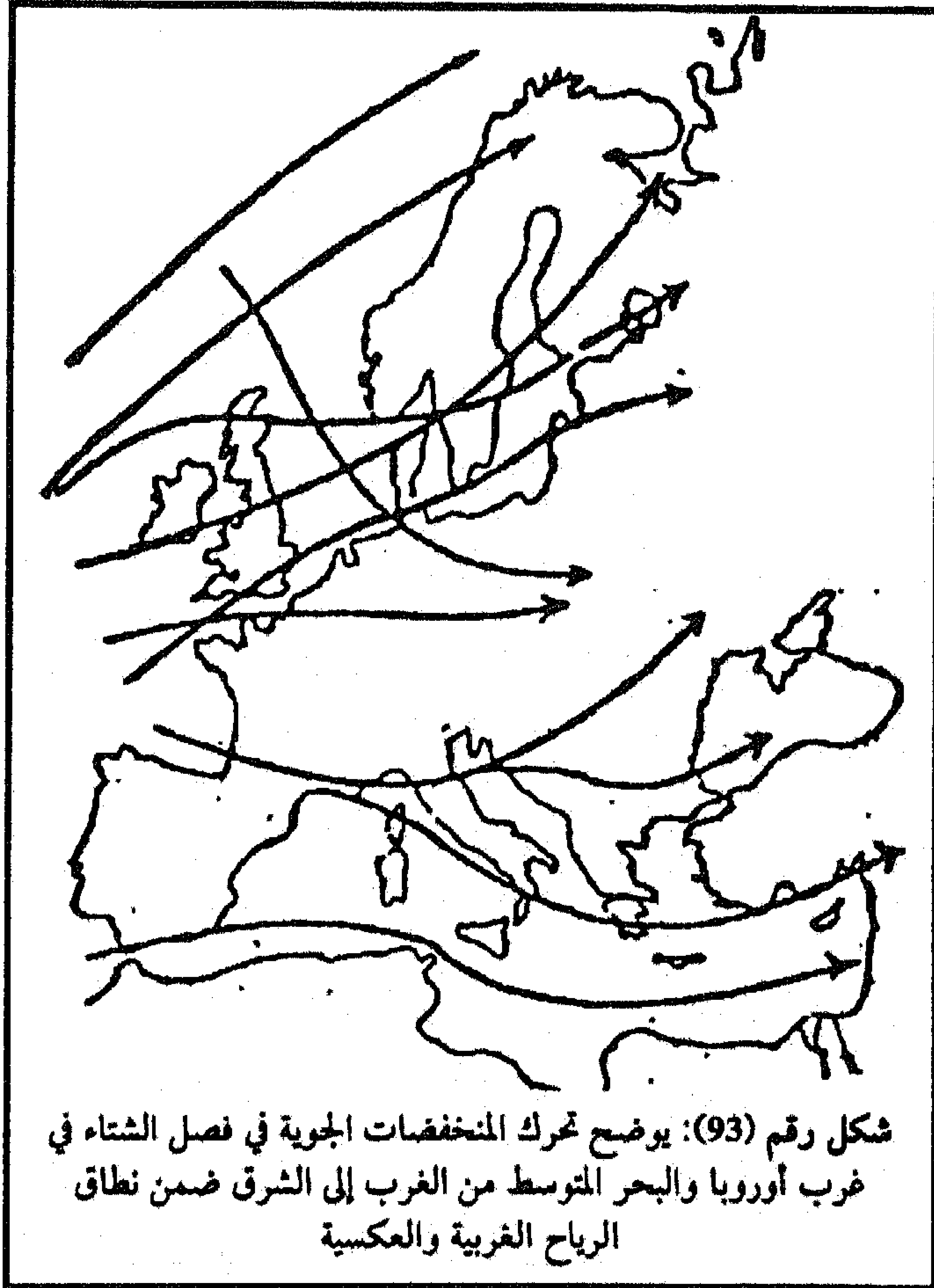


شكل رقم (92): يوضح تحرك الأعاصير المدارية من الشرق إلى الغرب ضمن نطاق الرياح التجارية والموسمية

كما تحدث أيضاً في بحر الصين واليابان وكوريا أعاصير تدعى أعاصير التيفون Typhone بالصين والموار Mawar في اليابان والميمي Mimi في سواحل كوريا، وإعصار مراكوس الذي ضرب تايوان عام 1999 وذهب ضحيته ألفي شخص. بالإضافة إلى أعاصير السيلكون في خليج البنغال، والويلي ويلي Willy Willy في شرق أستراليا وأعاصير جزر مدغشقر وجزر القمر في شرق أفريقيا وسواحل خليج عمان كإعصار الجونو Al – Gaonu.

وحينما تتقابل كتلتان هوائيتان تختلفان في سماتهما وخصائصهما، مثل تقابل كتلة هوائية قطبية بأخرى مدارية، تظل كل منهما محتفظة بخصائصها، ولا يختلط هواء الكتلتين معاً بسهولة إلا أنه في الأغلب الأعم، يندفع الهواء القطبي البارد تحت الهواء المداري نسبياً، بسبب ثقل كثافة الهواء البارد على الهواء الدافئ. ويصبح سطح المنطقة الفاصلة بين الكتلتين حيث يدعى بسطح الانفصال Surface of Separation مائلاً عن المستوى الأفقي بدرجة تتزايد كلما ابتعدنا عن خط الاستواء. وقد قدر هذا الميلان بنحو 1/ 100، أي أن سطح

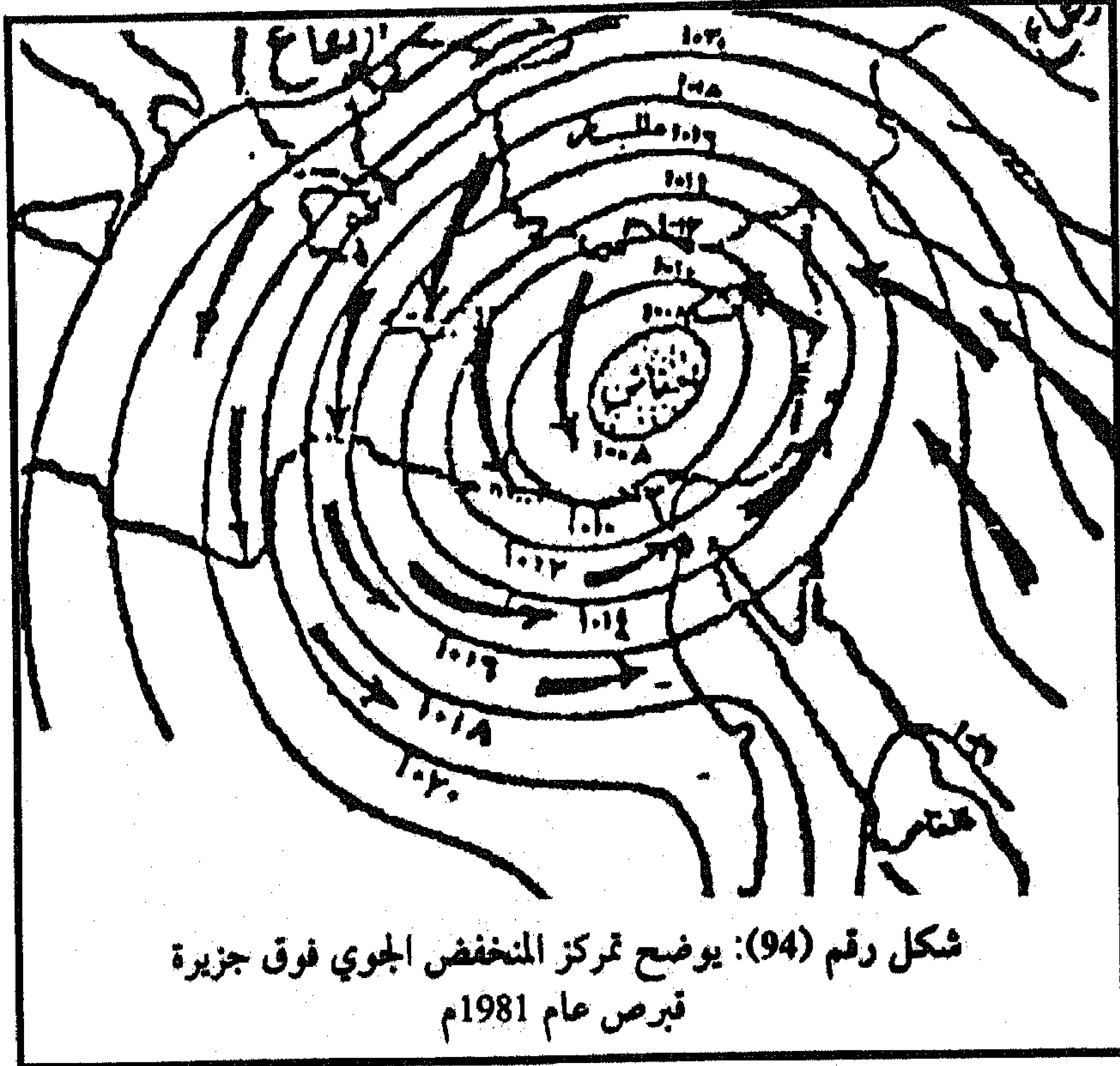
الانفصال يرتفع بمعدل وحدة واحدة لكل مسافة قدرها 100 وحدة أفقية (أي 1 متر لكل مائة متر مثلاً). ويعزى سبب هذا الميلان إلى دوران الأرض حول نفسها باستمرار. وتوضح الأشكال المرفقة مراحل نشوء وتكون المنخفض الجوي وكيفية صعود الهواء المداري الدافئ فوق الهواء القطبي البارد.



شكل رقم (93): يوضح تحرك المنخفضات الجوية في فصل الشتاء في غرب أوروبا والبحر المتوسط من الغرب إلى الشرق ضمن نطاق الرياح الغربية والعكسية

كما يشبه أستاذنا الجغرافي الكبير في علم المناخ الدكتور عبد العزيز شرف (أن تقابل الكتل الهوائية المختلفة تشبه لحد ما، تقابل جيشين متحاربين على طول جبهة واحدة، حيث يحاول كل منهما أن يخترق صفوف الجيش الآخر. فهواء كل

كتلة يحاول الاندفاع باستمرار في منطقة هواء الكتل الأخرى، لكن هـواء الكتلـة الباردة يظل دائماً ملاصقاً لسطح الأرض بسبب كثافته الأعلى من الهواء الدافئ الأقل كثافة والذي يرتفع دوماً إلى الأعلى.



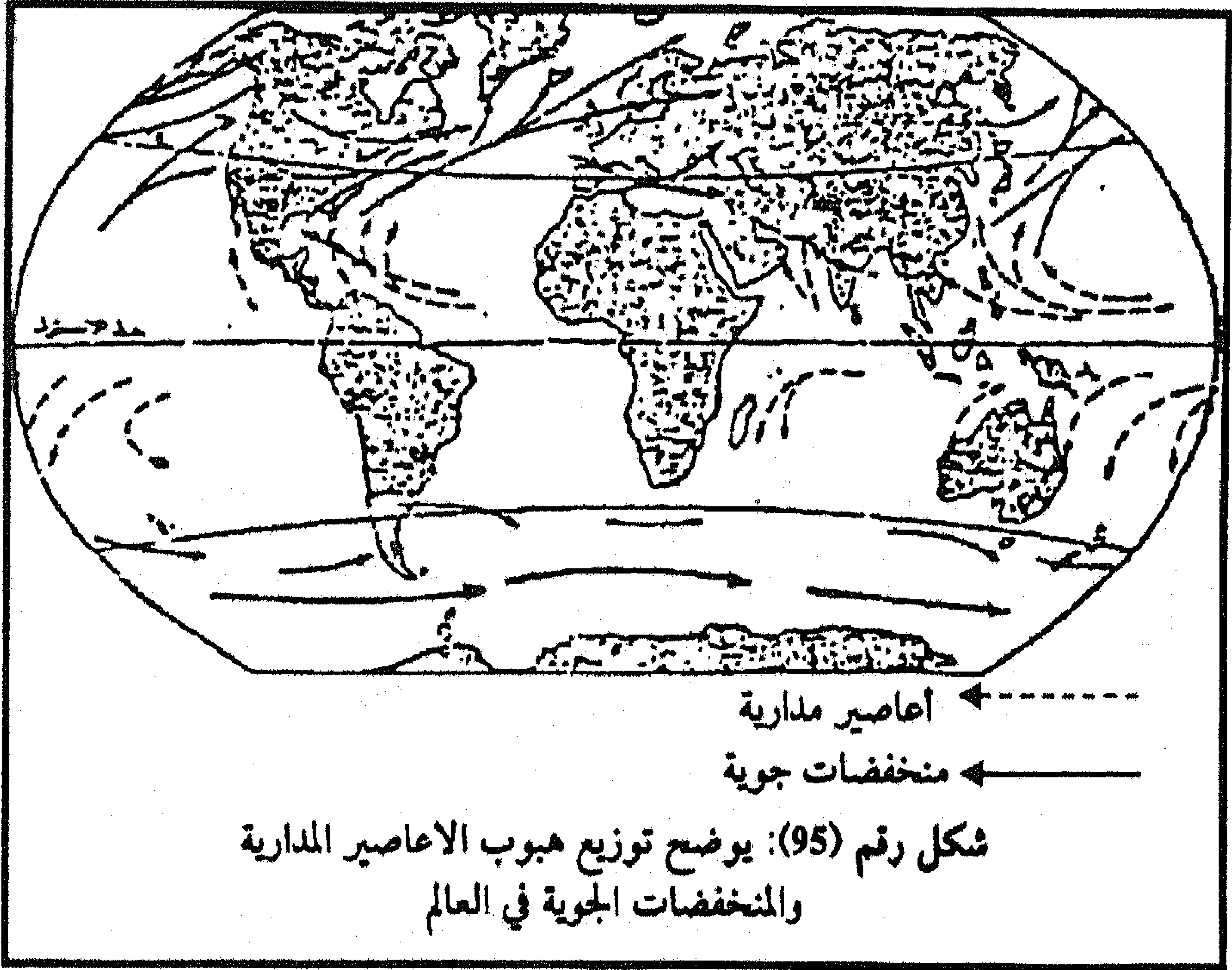
شكل رقم (94): يوضح تمركز المنخفض الجوي فوق جزيرة قبرص عام 1981م

ما هي الظواهر الجوية المرافقة لهذه المنخفضات؟

إن من أبرز الظواهر الجوية التي ترافق المنخفضات الجوية سـواء في غـرب أوروبا أو حوض البحر المتوسط، هي ظهور غيوم السـمحاق الطبقـي وتنـاقص الضغط الجوي لتعطي مؤشراً على اقتراب وصول الجبهـة الدفيئـة. وحينمـا تمـر هذه الجبهة في الموقع، تتحول من جنوبية أو جنوبية شرقية إلى جنوبية غربيـة، ثـم يطرأ ارتفاع على درجة الحرارة ويختفي الضباب وتنقشع الغيوم ويتوقف تسـاقط



الأمطار الخفيفة. ولكن حينما تقترب الجبهة الباردة ينخفض الضغط الجوي سريعاً، وتظهر في السماء بعض السحب العالية والمتوسطة، ثم تحل محلها سحب ركامية مزنية سميكة، ثم تتحول الجبهة الباردة إلى رياح شمالية وشمالية غربية، ومن ثم تبدأ الأمطار بالتساقط بغزارة بعد تشكل سحب المزن الركامي القريبة جداً من سطح الأرض. مما يؤدي لحدوث العواصف الرعدية مصحوبة بالبرق والرعد الشديدين.



أعاصير مدارية

منخفضات جوية

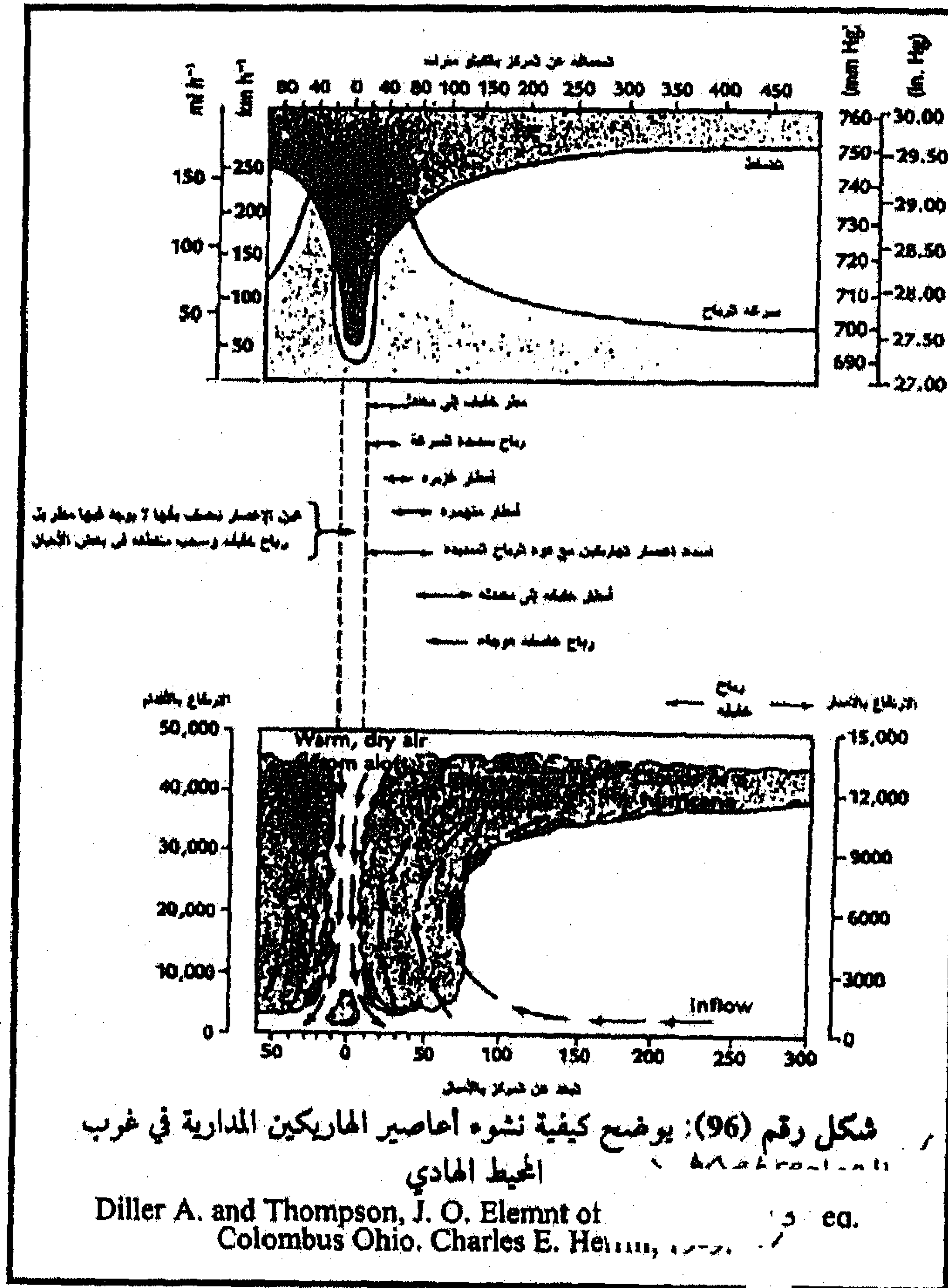
شكل رقم (95): يوضح توزيع هبوب الاعاصير المدارية والمنخفضات الجوية في العالم

أما في نهاية المنخفض الجوي فتتناقص سرعة الرياح وكمية التساقط، ويقل تراكم السحب وتأخذ الأمطار في التساقط بصورة متقطعة على شكل زخات متفرقة، يزداد تباعدها تدريجياً مع مرور الوقت. ويصفو الجو شيئاً فشيئاً،ولكن تبقى درجة الحرارة مائلة للبرودة لحد ما لبعض الوقت، بينما يأخذ الضغط



الجوي في الارتفاع تدريجياً حتى يبتعد المـنخفض نهائيـاً أو يمتلـئ Occluded أو يتلاشى كلياً[1].

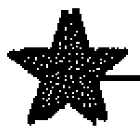
وبوجه عام، يتراوح عمر المنخفض الجوي ما بين ثلاثة إلى أربعة أيام يكون الجو فيها مضطرباً غير مستقر. وتسقط الأمطار على المنطقة التي يغطيها المنخفض والتي يتراوح قطرها ما بين 200 إلى أكثر من ألف كيلو متراً أحياناً.



شكل رقم (96): يوضح كيفية نشوء أعاصير الهاريكين المدارية في غرب المحيط الهادي

Diller A. and Thompson, J. O. Elemnt of ... ed.
Colombus Ohio. Charles E. He...

(1) Driscol, D. M. OP. cit, PP. 84-95.



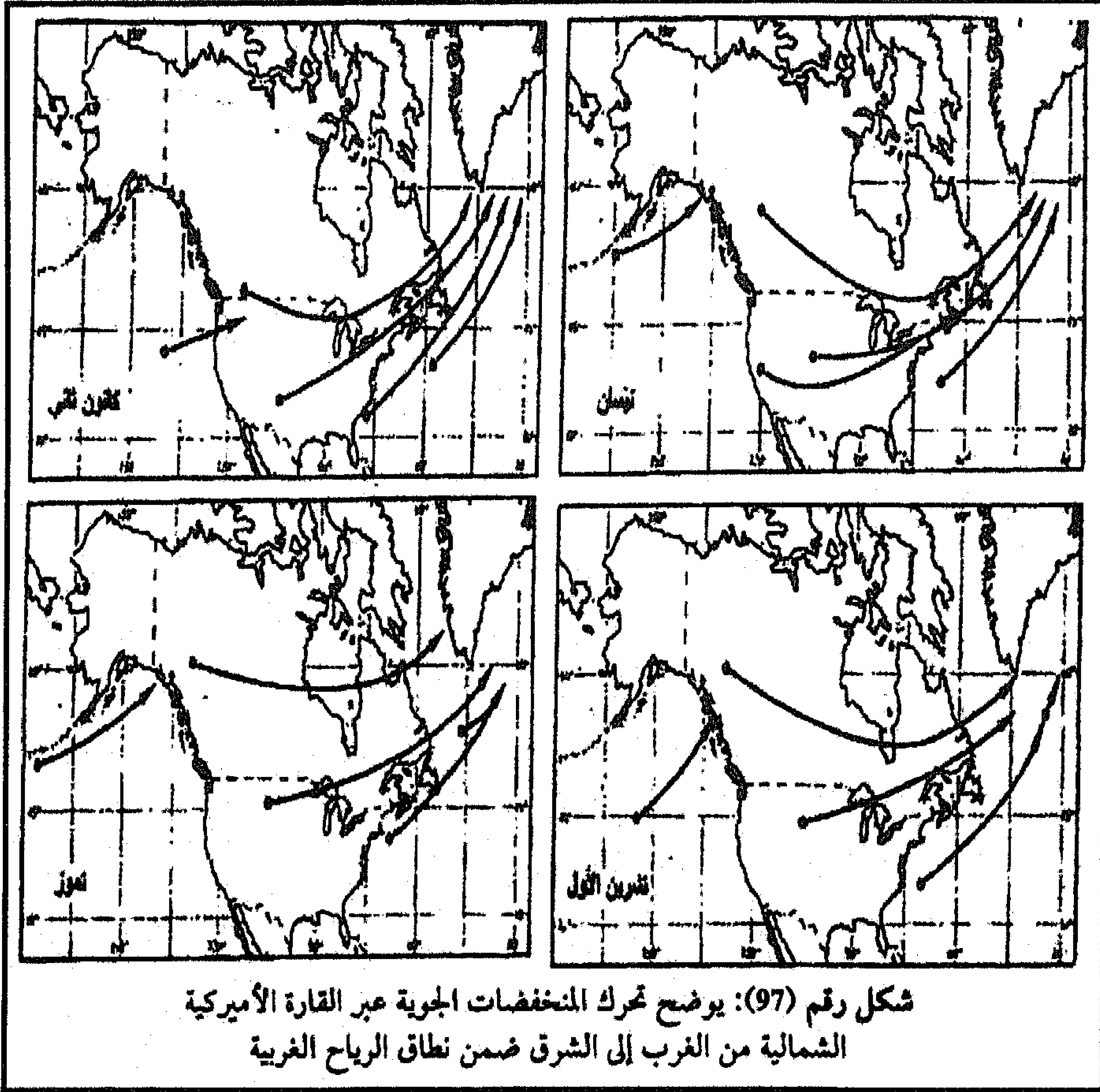
هل تصدق تنبؤات رجال الرصد الجوي مائة بالمئة؟

حينما تتحرك المنخفضات الجوية مدفوعة بالرياح الغربية الدائمة،والرياح العكسية من الغرب إلى الشرق، تنتقل معها الظاهرات الجوية المرافقة لها بنفس الاتجاه. ويعتمد رجال الرصد الجوي في محطات العالم المختلفة، على خرائط الطقس اليومية Synoptic Charts التي تصدرها محطات الأقمار الصناعية، الواقعة للغرب منهم، وتسجل هذه الظواهر ويبدأ رجل الرصد الجوي بتحليل هذه الخرائط. وتحديد موقع المنخفض الجوي القادم على المنطقة المستقبلة له. ومن ثم تحديد عمق هذا المنخفض وشدة انحداره لجو المركز، وخط مساره وسرعة تحركه على وجه التقريب. ويمكن بناءً على ذلك التنبؤ بالتغيرات المتوقعة عن حالة الجو اليومية. إلا أنه يحدث في بعض الأحيان أن رجل الرصد الجو، قد لا يصيب عين الصواب في تحليله لهذا التوقع فيخطئ وهذا أمر طبيعي، إذا ما علمنا أن المناخ هو العنصر الوحيد، الذي ما زال وسيبقى خارجاً عن إرادة الإنسان فوق سطح هذا الكوكب. فالإنسان يتكيف مع المناخ، لكنه لم يستطع إخضاعه والسيطرة عليه كبقية عناصر البيئة الطبيعية الأخرى. وحينما يحدث الخطأ من الراصد الجوي يكون ذلك لعدة أسباب منها؛ أن المنخفض الجوي قد ينحرف عن اتجاهه أو مساره. فبدلاً من أن يتجه نحو وسط ساحل بلاد الشام كبيروت وحيفا ودمشق مثلاً، فإنه ينحرف باتجاه الإسكندرونة جنوب تركيا وشمال العراق وأحياناً يمتلئ هذا المنخفض الجوي وينتهي وتنتهي فعاليته.

وفي مثل هذه الحالات قد لا يصيب الراصد الجوي في توقعه للحالة الجوية ما كان بالحسبان فيقع الخطأ. أما إذا لم تحدث أية مفاجآت مما ذكر فإن عملية التحليل للظروف الجوية الواقعة على طول امتداد مسار المنخفض؛ فسوف تتابع غالباً بطريقة علمية دقيقة وشفافة.

وما يقال عن عبور المنخفضات الجوية لغرب أوروبا ومنطقة البحر

الأبيض المتوسط؛ يندرج أيضاً على عبور المنخفضات الجوية عبر قارة أمريكا الشمالية؛ من الغرب إلى الشرق ضمن نطاق الرياح الغربية السائدة فيها. كما في الشكل التالي:



شكل رقم (97): يوضح تحرك المنخفضات الجوية عبر القارة الأميركية الشمالية من الغرب إلى الشرق ضمن نطاق الرياح الغربية

لماذا تنشأ وتتكون المنخفضات الجوية في البحر المتوسط؟

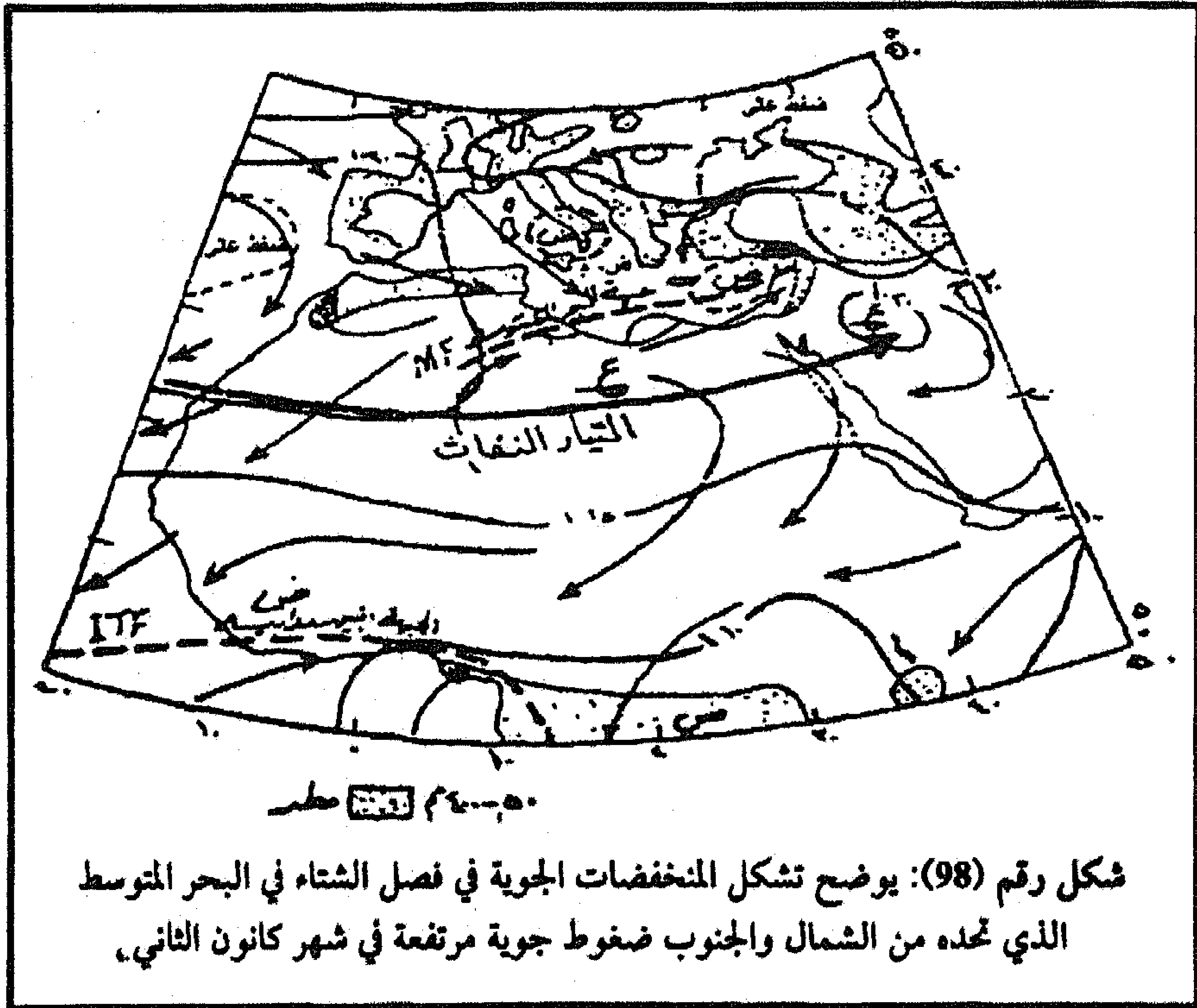
حينما يصبح البحر المتوسط في فصل الشتاء محصوراً بين ذراع كبيرة من الضغط الجوي والآزوري المرتفع فوق شمال إفريقية جنوباً، وبين مراكز الضغط الجوي المرتفع الجاثم فوق سيبيريا وشرق القارة الأوروبية وشبه جزيرة الأناضول وأرض الهلال الخصيب شمالاً، على حين يكون البحر المتوسط ذاته



عبارة عن مركز رئيس من مراكز الضغط الجوي المنخفض؛ والذي تحيطه من جميع الجهات مراكز ونتوءات الضغط الجوي المرتفع. الأمر الذي يؤدي لتشكيل نطاقين من الضغط الجوي المرتفع شماله وجنوبه. ونتيجةً لهذا الوضع المناخي يصبح هذا البحر منطقة تتعرض باستمرار طيلة فصل الشتاء، إلى غزو كتل هوائية قطبية قارسة البرودة CP تعبر إليه لتلتقي مع كتل أخرى مدارية برية دافئة CT.

وقد قدرت دائرة الأرصاد البريطانية أن عدد المنخفضات الجوية التي تحدث في هذا البحر؛ تزيد عن ثمانين منخفضاً جوياً. منها ثلاثة وسبعون منخفضاً تصل لساحل البحر المتوسط الشرقي من الحوضين الغربي والأوسط لهذا البحر. حيث يسلك منها نحو 70٪ من إجمالي هذه المنخفضات في مسارات شمالية. وبالرغم من أن مساراتها تتزحزح جنوباً في فصل الشتاء إلا أنها تبقى مسارات تتجه من الغرب مع اتجاه الرياح العكسية نحو الشرق أو الشمال الشرقي.

كما أن هناك ما بين خمسة إلى ستة منخفضات جوية تحدث في منطقة شمال إفريقية وخاصة جبال الأطلس المغربية. وتتجه في مساراتها اتجاهاً شرقياً إلى شمالي شرقي محاذياً للساحل الجنوبي للبحر المتوسط، خاصةً إذا ما رافق تلك المنخفضات نحو الشرق تدفق الهواء القطبي البارد في مؤخرتها.



شكل رقم (98): يوضح تشكل المنخفضات الجوية في فصل الشتاء في البحر المتوسط الذي تحده من الشمال والجنوب ضغوط جوية مرتفعة في شهر كانون الثاني.

هذا بالإضافة إلى نشوء وتكون ما بين 1-2 منخفض جوي فوق جزيرة قبرص، حيث تحدث في أواخر فصل الخريف وأوائل فصل الربيع.

مسارات المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط

من الصعوبة بمكان تحديد مسارات المنخفضات الجوية في مناطق حدوثها وتحركها، إلا أن مسارات المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط هي من أكثرها انتظاماً وتناسقاً من مسارات المنخفضات الجوية في غرب أوروبا.

وقد بينت دائرة الأرصاد البريطانية خلال الفترة بين عامي 1954م – 1964م، أن هذه المنخفضات تصل للطرف الشرقي من البحر المتوسط، ويتمركز البعض منها فوق جزيرة قبرص أو بالقرب منها. والبعض الآخر يتمركز فوق

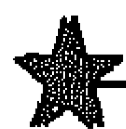
بعض الجزر اليونانية أو جنوب تركيا أو في جِنَوة شمال إيطاليا، ثم يواصل رحلته نحو الشرق. ويتخذ ثلاثة مسارات هي:

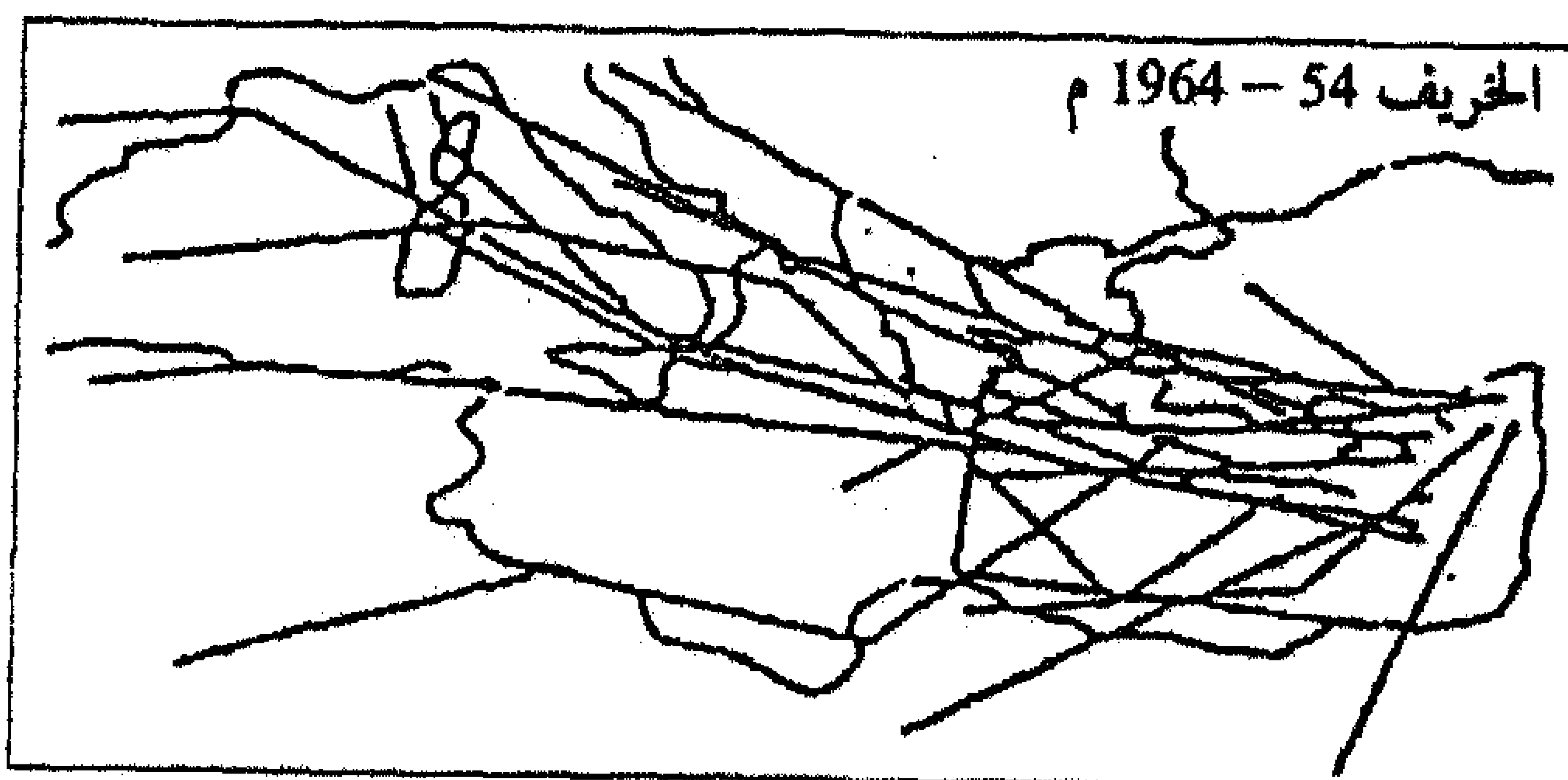
أ. المسار الشمالي الشرقي باتجاه جنوب تركيا وشمال سورية، حيث يعبر هذا المسار ما بين 11-12 منخفضاً جوياً.

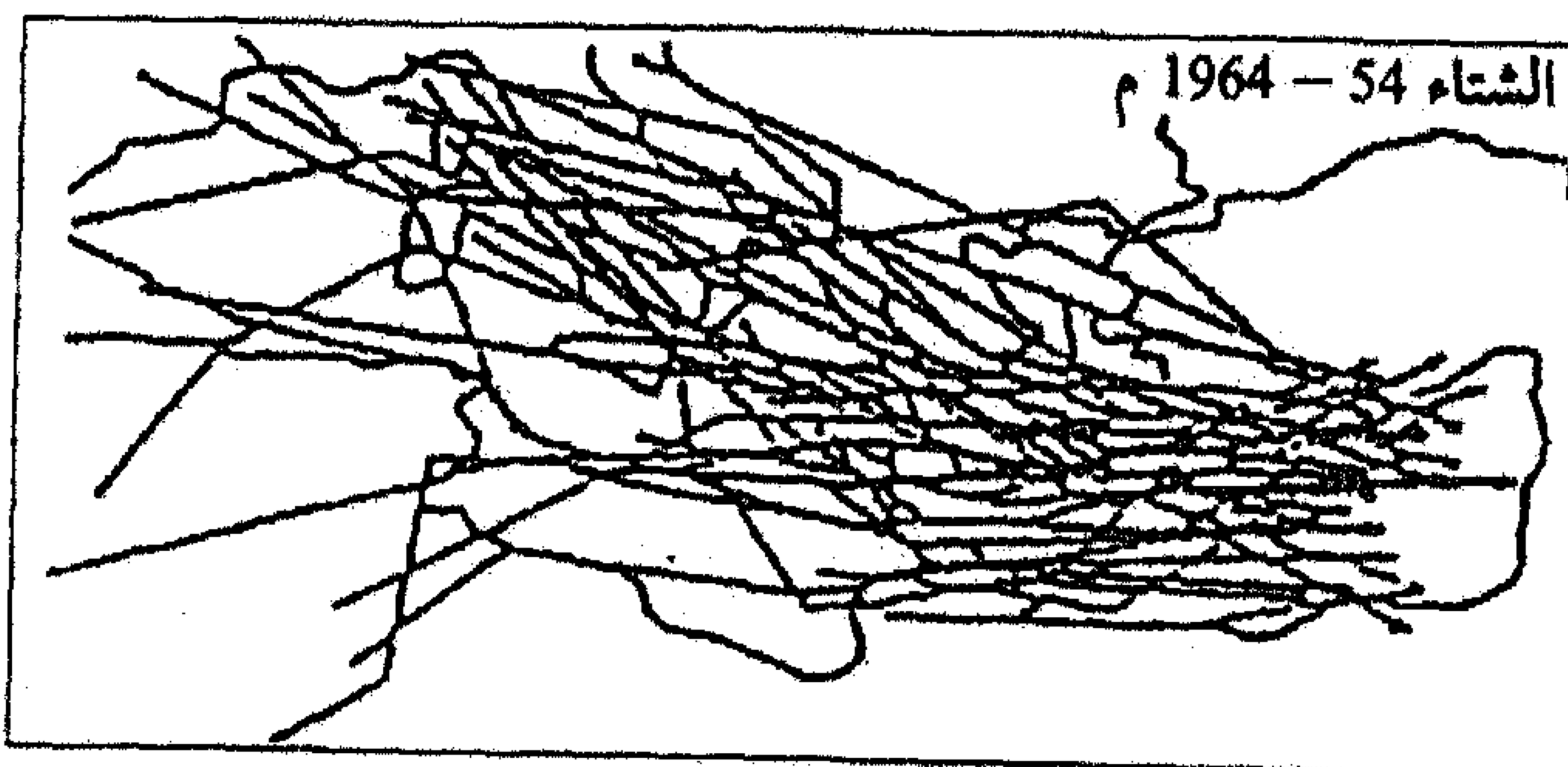
ب. أما المسار الشرقي فيتجه نحو وسط ساحل بلاد الشام إلى وادي الرافدين ويعبر في هذا المسار نحو 11 منخفضاً جوياً.

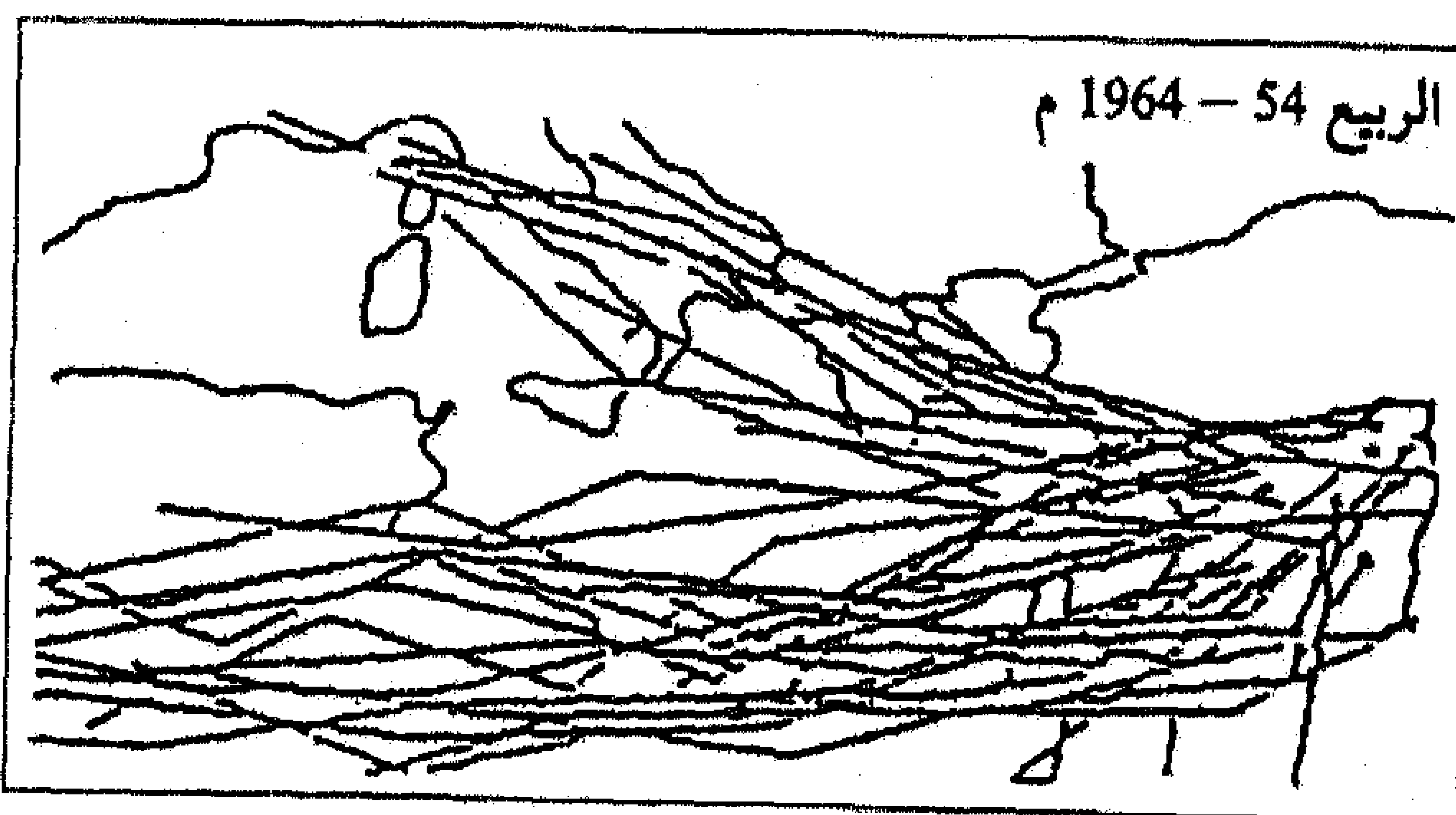
ج. وأما في المسار الجنوبي فيتجه من بنغازي عبر البحر المتوسط الجنوبي إلى شمال مصر وجنوب فلسطين. ويتراوح عدد المنخفضات التي تعبره ما بين منخفض واحد إلى اثنين فقط.

وما من شك في أن لهذه المنخفضات دور كبير على الأنشطة الزراعية والعمرانية والاجتماعية، للمجتمعات التي تعيش تحت تأثير هذه الظروف المناخية؛ من إشعاع شمسي وحرارة وأمطار ورياح؛ وثلوج وبرد ونحوها سواء في منطقة حوض البحر المتوسط أو غرب القارة الأوروبية.





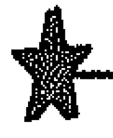




شكل رقم (99): يوضح مسارات المنخفضات الجوية من الشرق إلى الغرب خلال الفترة بين عامي 1954م-1964م عن دائرة الأرصاد البريطانية .

الفصل الحادي عشر

أضداد الأعاصير أو الارتفاعات الجوية



الفصل الحادي عشر

أضداد الأعاصير أو الارتفاعات الجوية

Anticyclones

أضداد الأعاصير أو الارتفاعات الجوية.

أسباب نشأتها.



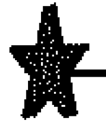
الفصل الحادي عشر

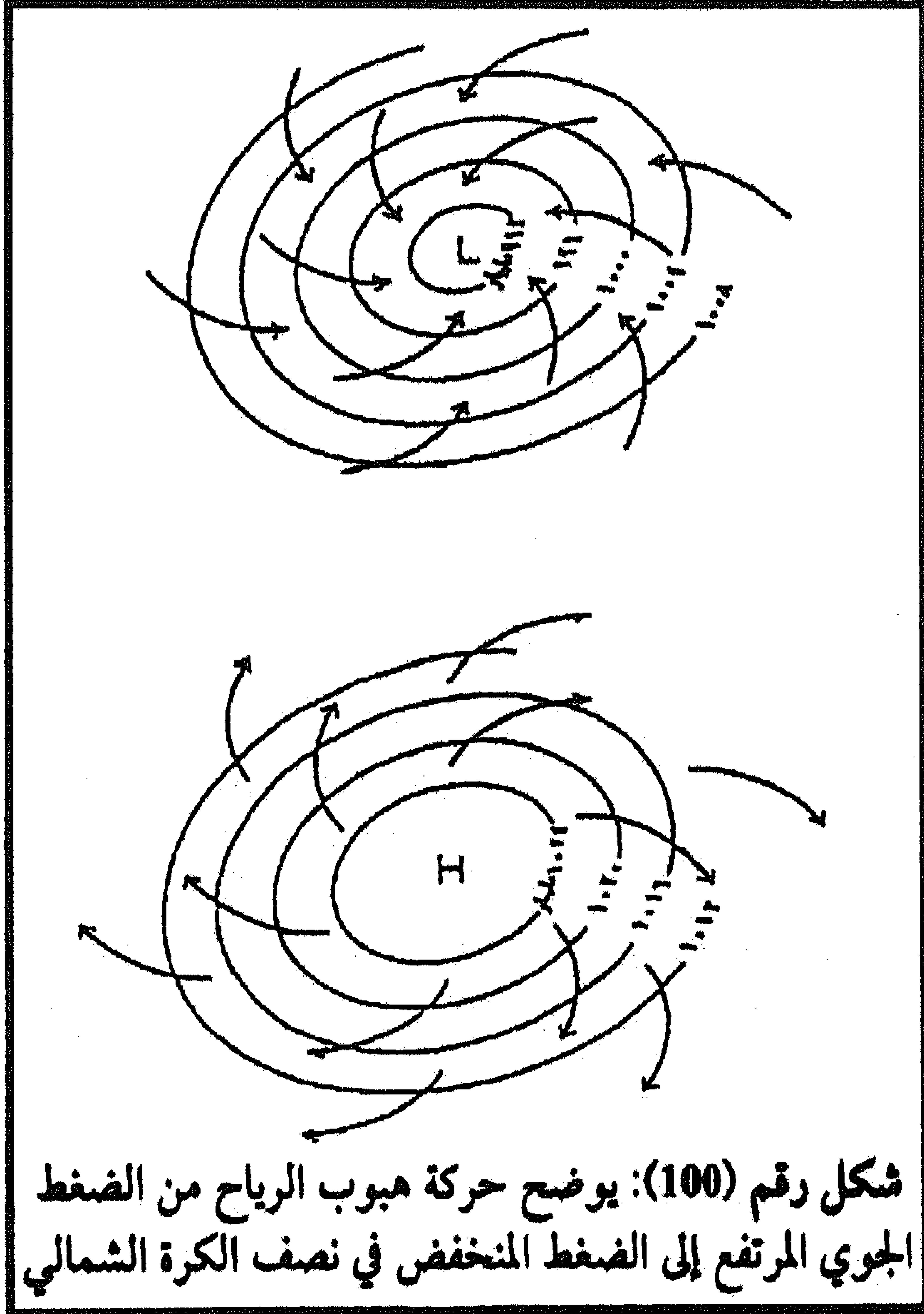
أضداد الأعاصير أو الارتفاعات الجوية

Anticyclones

أضداد الأعاصير أو الارتفاعات الجوية Anticyclones

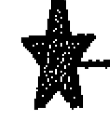
يعرف ضد الإعصار بأنه عكس المنخفض الجوي Syclones، على اعتبار أن المنخفض الجوي هو إعصار دوراني يشبه في خطوط ضغطه المتساوية الاسطوانة، حيث تدور الرياح حوله بشدة. ويتميز ضد الإعصار بأن الضغط الجوي في المنطقة التي يسودها أعلى من الضغط الواقع في المناطق المجاورة لها. ويرسم ضد الإعصار على خريطة الطقس على شكل دوائر متحدة المراكز تمثل خطوط الضغط الجوي المتساوي، إذ يكون الضغط أعلى ما يمكن في المركز كما في الشكل التالي:





شكل رقم (100): يوضح حركة هبوب الرياح من الضغط الجوي المرتفع إلى الضغط المنخفض في نصف الكرة الشمالي

وقد يظهر على شكل بيضوي أو منحنيات مغلقة وليست دوائر تامة الاستدارة. وتدور الرياح حول المرتفع أو ضد الإعصار باتجاه حركة عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، وبالعكس في نصفها الجنوبي. ونتيجة لتأثير الاحتكاك قرب سطح الأرض وقوة الانحراف الناجمة عن دوران الأرض وقوة انحدار الضغط، فإن الرياح تدور حوله منحرفة نحو الخارج، بدلاً من أن تخرج



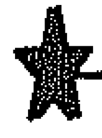
من المركز إلى خارجه بصورة مستقيمة. وغالباً ما يصاحب ضد الإعصار طقس لطيف، حيث يتصف بالجو الصحو الجميل والرياح الخفيفة قرب مركز المرتفع الجوي. كما يتميز الهواء بالاستقرار، فإذا كان جافاً فقد يتكون الصقيع أو الندى في الليل. أما إذا كان رطباً فيتكون ضباب خفيف في الصباح الباكر. وربما تنشأ في النهار بعض السحب الطبقية الخفيفة التي يصحبها رذاذ خفيف من المطر، إذا ما نشأ انقلاب حراري، حيث يعتمد ذلك على طبيعة السطح الموجود فوق ضد الإعصار أو المرتفع الجوي[1].

أسباب نشأتها

ويرجع سبب نشوء أضداد الأعاصير للأسباب التالية:

1. انخفاض درجة حرارة الهواء: حينما تنخفض درجة حرارة الهواء انخفاضاً شديداً يترتب عليه ارتفاع كثافته وانكماشه وارتفاع ضغطه. كما يحدث للضغوط المرتفعة التي تتكون فوق كتل اليابسة في فصل الشتاء، وفوق المحيطات في فصل الصيف، حينما ترتفع درجة حرارة اليابس لدرجة أكبر من المسطحات المائية. وربما يساعد على برودة مياه المسطحات المائية بالنسبة لليابس؛ تأثرها بالتيارات البحرية الباردة، كما يحدث مثلاً لمياه المحيط الأطلسي في منطقة جزر الآزور، حيث يساعد على برودتها تيار كناري البارد، والذي يمتد تأثيره شرقاً إلى سواحل مراكش والصحراء العربية.
2. هبوط الهواء البارد من أعلى إلى أسفل: حينما يهبط الهواء في مناطق الضغط المرتفع فوق سطح الكرة الأرضية من أعلى إلى أسفل، كما هو في

(1) Ibid.



منطقة الضغط المرتفع فيما وراء المدارين، عندما تتحرك الرياح التجارية نحو خط الاستواء والرياح الغربية نحو منطقة الضغط المنخفض في الدائرة القطبية، وبالتالي يهبط الهواء في تلك المناطق من طبقات الجو العليا. بعد برودته ليحل محل الرياح التي تحركت؛ فيتكون تبعاً لذلك ضغط مرتفع أو منطقة ضد الإعصار.

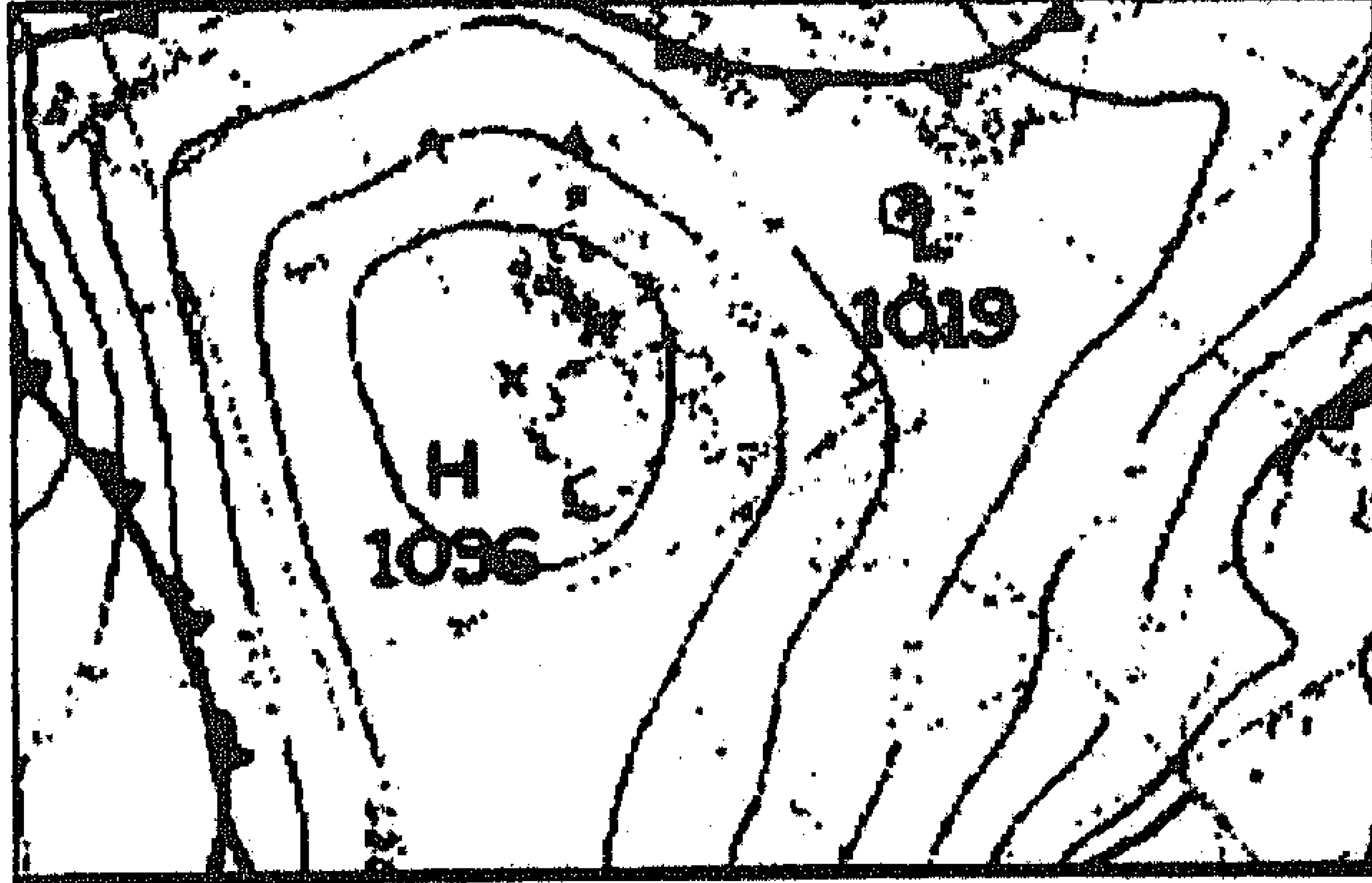
3. تتابع المنخفضات الجوية التي تفصلها بعضها عن بعض مناطق ضد إعصارية: حيث تتفاوت في مساحاتها من مناطق صغيرة إلى مناطق ذات مساحة كبيرة، وذلك تبعاً لسرعة تحرك المنخفضات الجوية تلك.

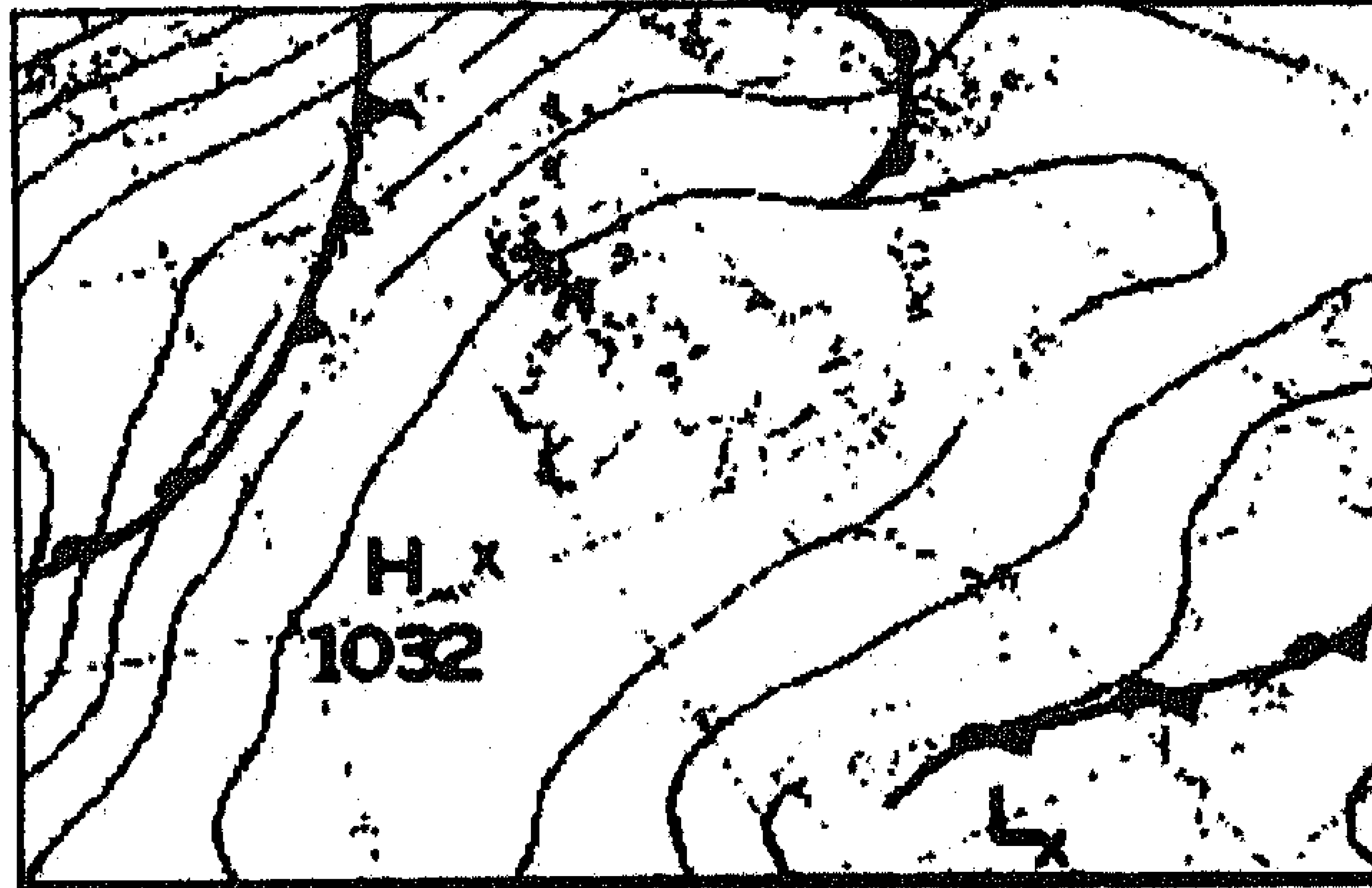
4. انخفاض حرارة الهواء عند ملامسته للغطاءات الجليدية: كما هو الحال في مناطق الثلج الدائم وبالتالي يزيد ضغطه وتتكون مناطق ضد إعصارية فوق هذه الغطاءات. وقد تكون هذه الغطاءات دائمة أو تتكون في الفصل البارد من السنة فقط.

وقد يرتفع الضغط الجوي في مراكز المرتفعات الجوية، فيصل غالباً إلى 1035 ملليباراً وأحياناً يرتفع إلى 1040 ملليباراً. وهو ينخفض تدريجياً من المركز نحو الخارج. ولكن ليس من الضروري أن يكون هذا التدرج منتظماً، حيث تشاهد كثيراً خطوط الضغط المتساوي على خرائط الطقس ممتدة على شكل أقواس غير منتظمة، وتدور الرياح حول مراكز ضد الإعصارية بحيث يكون الضغط المرتفع على يمينها في نصف الكرة الشمالي، والعكس في نصفها الجنوبي[1]. أي يكون دورانها في نصف الكرة الشمالي مع عقارب الساعة والعكس في نصفها الجنوبي، كما يتضح من شكل ضد الإعصار السائد فوق الجزر البريطانية التالي:

(1) Ibid.





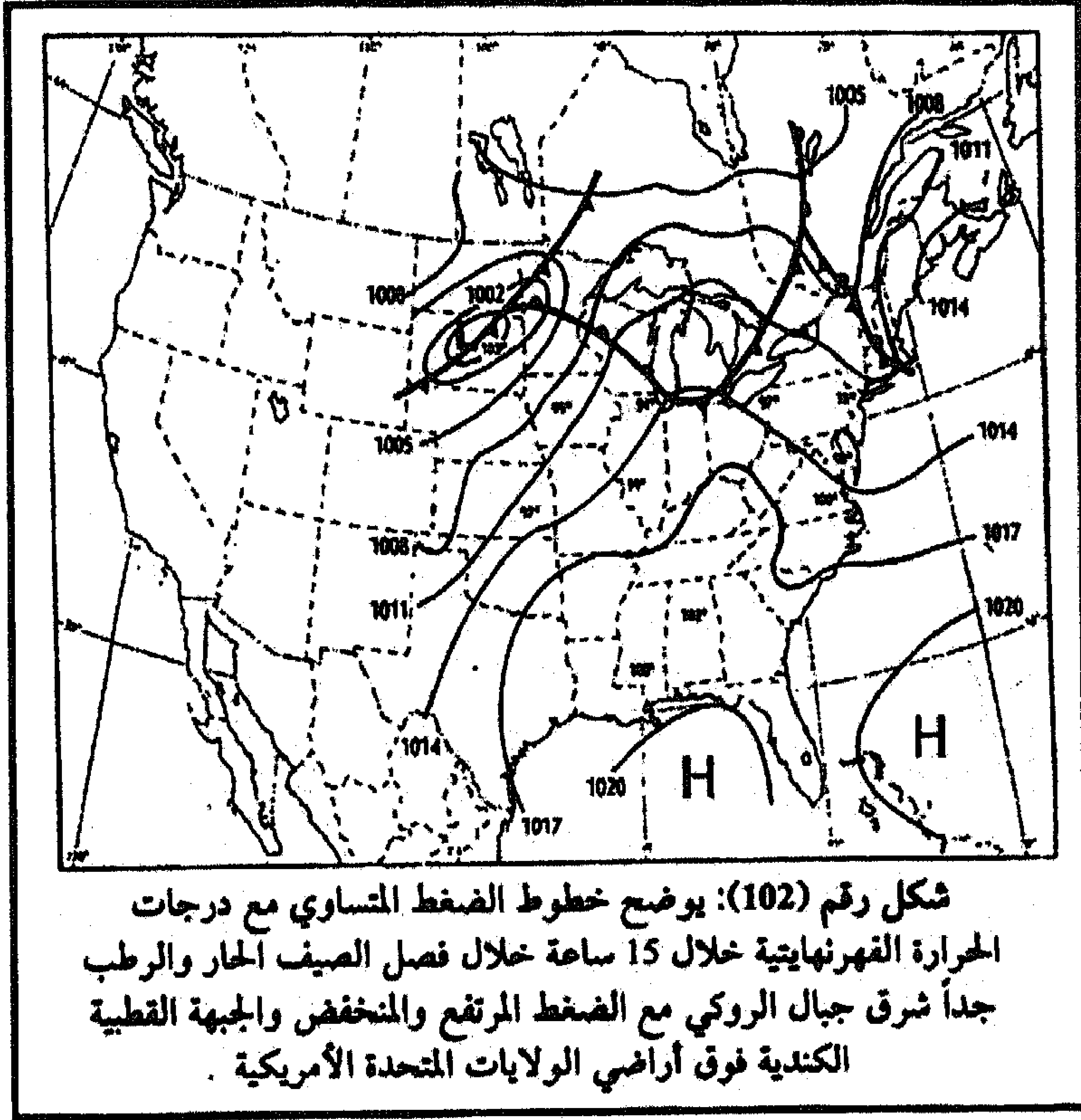


شكل رقم (101): يوضح أضداد الأعاصير فوق الجزر البريطانية في كانون ثاني 2003م

تنتهي هذه الظواهر سواءً أكان مطراً أو ثلجاً، حتى يصحو الجو وترتفع درجة الحرارة أو تنخفض تبعاً لموقع المرتفع الجوي ووقت حدوثه.

ويلاحظ في أضداد الأعاصير التي تفصل بين المنخفضات الجوية أن الأجزاء الشرقية منها تتأثر بالجبهة الباردة للإعصار المتقدم، بينما تتأثر أجزاؤها الغربية بالجبهة الدافئة من الإعصار المتأخر. أما المرتفعات الجوية (أضداد

الأعاصير)، التي تتكون دون أن تفصل بين منخفضات جوية، فيلاحظ أن الهـواء في نصفها الشرقي يكون عادةً أبرد من الهواء في نصفها الغربي. وذلك لأن الهواء في نصفها الشرقي يتحرك نحو عروض أدفأ. أما في النصف الغربي فيتحـرك نحـو عروض أقل حرارة منه كما في الشكل التالي:



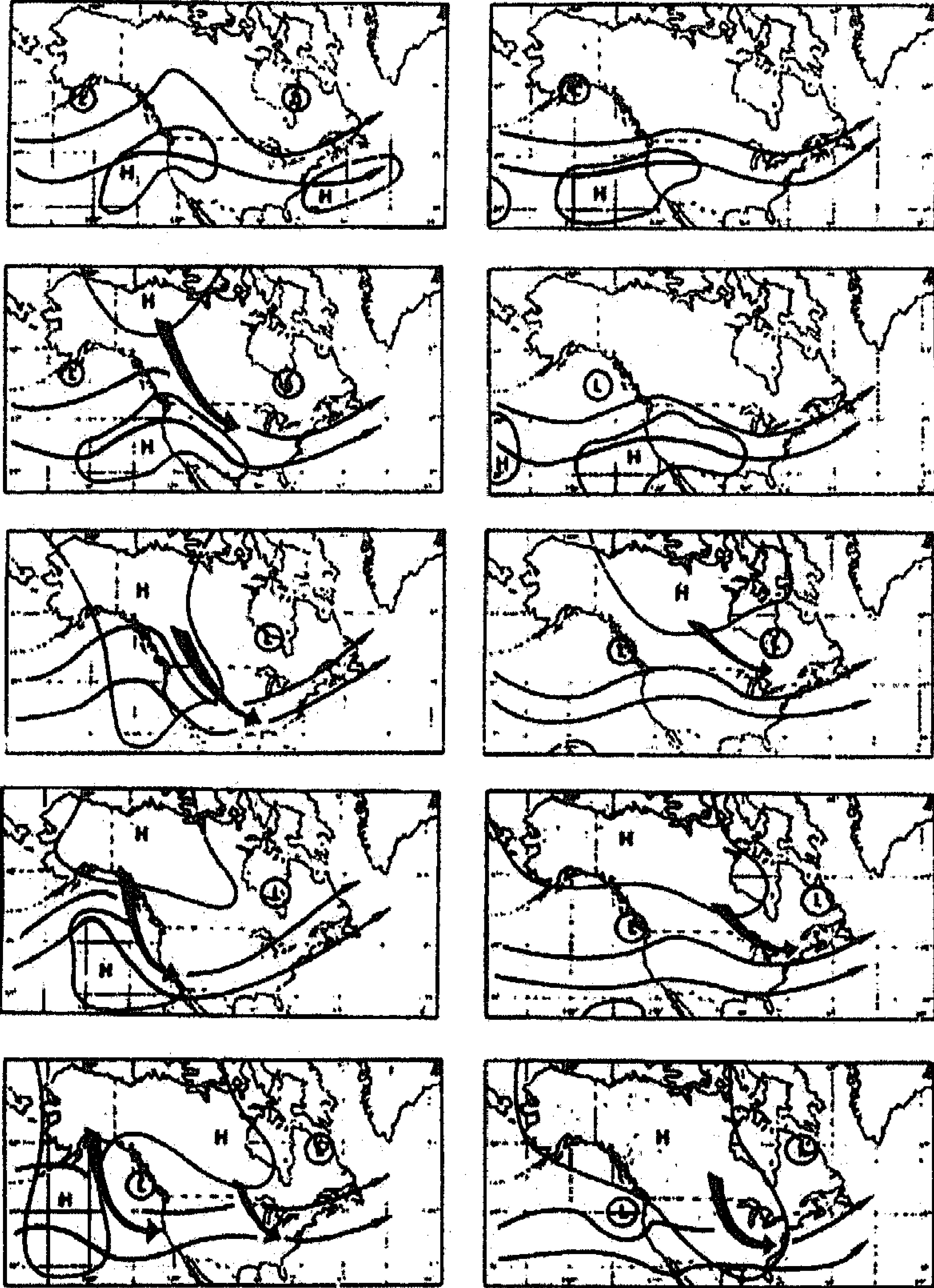
شكل رقم (102): يوضح خطوط الضغط المتساوي مع درجات الحرارة القهرنهايتية خلال 15 ساعة خلال فصل الصيف الحار والرطب جداً شرق جبال الروكي مع الضغط المرتفع والمنخفض والجبهة القطبية الكندية فوق أراضي الولايات المتحدة الأمريكية .

أما عن مسالك أضداد الأعاصير فهـي غـير ثابتـة، شـأنها في ذلـك شـأن المنخفضات الجوية أيضاً. ولكن اتجاهها بصفة عامة يكون من الغرب إلى الشرق. ويرتبط اتجاه وسرعة المرتفعات الجوية هذه والواقعة بين المنخفضات الجوية باتجاه وسرعة تلك المنخفضات[1].

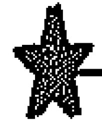
(1) Ibid.



وتوضح الأشكال التالية أضداد الأعاصير والمنخفضات الجوية، فوق أراضي قارة أمريكا الشمالية، والمحصورة بين الجبهة القطبية الأيسلندية والكندية شمالاً، والكتلة المدارية البحرية فوق المحيط الأطلسي جنوباً.



شكل رقم (103): يوضح أضداد الأعاصير والمنخفضات الجوية فوق أراضي قارة أمريكا الشمالية



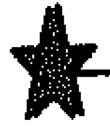
كما يوضح الشكل (103) أضداد الأعاصير والمنخفضات الجوية فوق أراضي قارة أمريكا الشمالية.



شكل رقم (104): يوضح الحركة الرئيسة لمسالك الأعاصير وأضداد الأعاصير فوق القارة الأوروبية في فصل الشتاء

الفصل الثاني عشر

أعاصير المناطق المدارية والتورنادو



الفصل الثاني عشر

أعاصير المناطق المدارية والتورنادو

الأعاصير المدارية.

ما هو الفرق بينها وبين المنخفضات الجوية.

مسارات الأعاصير المدارية.

أعاصير التورنادو.

الفصل الثاني عشر

أعاصير المناطق المدارية والتورنادو

تتميز الأعاصير (Cyclones) أو كما تدعى أحياناً بالعواصف الدوارة (Revolving Storm)، بأن الهواء يدور فيها بقوة في منطقة ضيقة، حيث ينحدر فيها الضغط الجوي نحو مركزها انحداراً جداً، وهناك نوعان من هذه الأعاصير هما:

1. الأعاصير المدارية (Tropical Cyclones).
2. أعاصير التورنادو (Tornado Cyclones).

1. الأعاصير المدارية

وتعرف هذه الظاهرة المناخية غالباً بالزوابع المدارية، وهي عبارة عن منخفضات محلية في الضغط الجوي، وتمتاز بعمقها وشدة انحدارها. حيث تدور حولها الرياح بسرعة كبيرة تتراوح أحياناً ما بين (150-250) كم فأكثر في الساعة. بينما يكون الهواء في مركزها ساكناً تقريباً كما يكون الجو صحواً. وتتصف على أنها أشد قوة وأعمق أثراً من المنخفضات الجوية في العروض المعتدلة. وغالباً ما يصحبها في معظم الأحيان، سقوط أمطار غزيرة وحدوث برق ورعد شديدين. وتؤدي هذه الظاهرة المناخية لخسائر جمة في الأرواح والممتلكات، كما حدث حينما تعرضت ولايات المسيسبي وألباما وفلوريدا لإعصار كاترينا (Datrina) في 28/ 8/ 2005م، كما ضرب أعصار ساندي مدينة أطلانطا وكل الساحل الشرقي للولايات المتحدة وقد ضرب مدينة أطلانطا ونحو 14 ولاية من بوسطن شمالاً وشمل نيوجرسي ونيويورك ونورفولك وديللاوير،

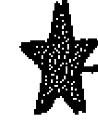


وأدى إلى انقطاع التيار الكهربائي كليا عن جزيرة مانهاتن في نيويورك وارتفعت الأمواج في شرق الولايات المتحدة إلى نحو 4 أمتار وأدت إلى مقتل نحو 60 قتيلا وخسائر ماديه قدرت بنحو 50 مليار دولار وهذ ه الخسائر في الأموال والأرواح بصورة أوليه قابله للزيادة في 1/ 11/ 2012م. ونجم عن ذلك ارتفاع المياه إلى نحو 4 أمتار، أدت لمقتل نحو عشرة آلاف قتيل في مدينة نيوأوليانز لوحدها، وإلى خسائر مادية بلغت نحو (105) مليارات دولار، وهجر من مدينة نيوأورليانز نحو 1.2 مليون نسمة. وبلغت سرعة الرياح في ذلك الإعصار (260) كم،وكمية الأمطار وصلت لنحو (580) مليمتراً خلال أربعة أيام متواصلة، وقفت أمامها قوات الإنقاذ الأمريكية مشلولة الإرادة، حينما غرقت المدينة وعجزت قوات الإنقاذ عما يمكن إنقاذه من الجثث الطافية فوق المياه الفائضة!!؟؟ وغالباً ما تحدث هذه الظاهرة المناخية في الجانب الغربي من المحيطات ضمن نطاق الركود الاستوائي، ويكون ذلك ما بين خطي عرض (10° – 20°) تقريباً شمالاً وجنوباً من خط الاستواء[1].

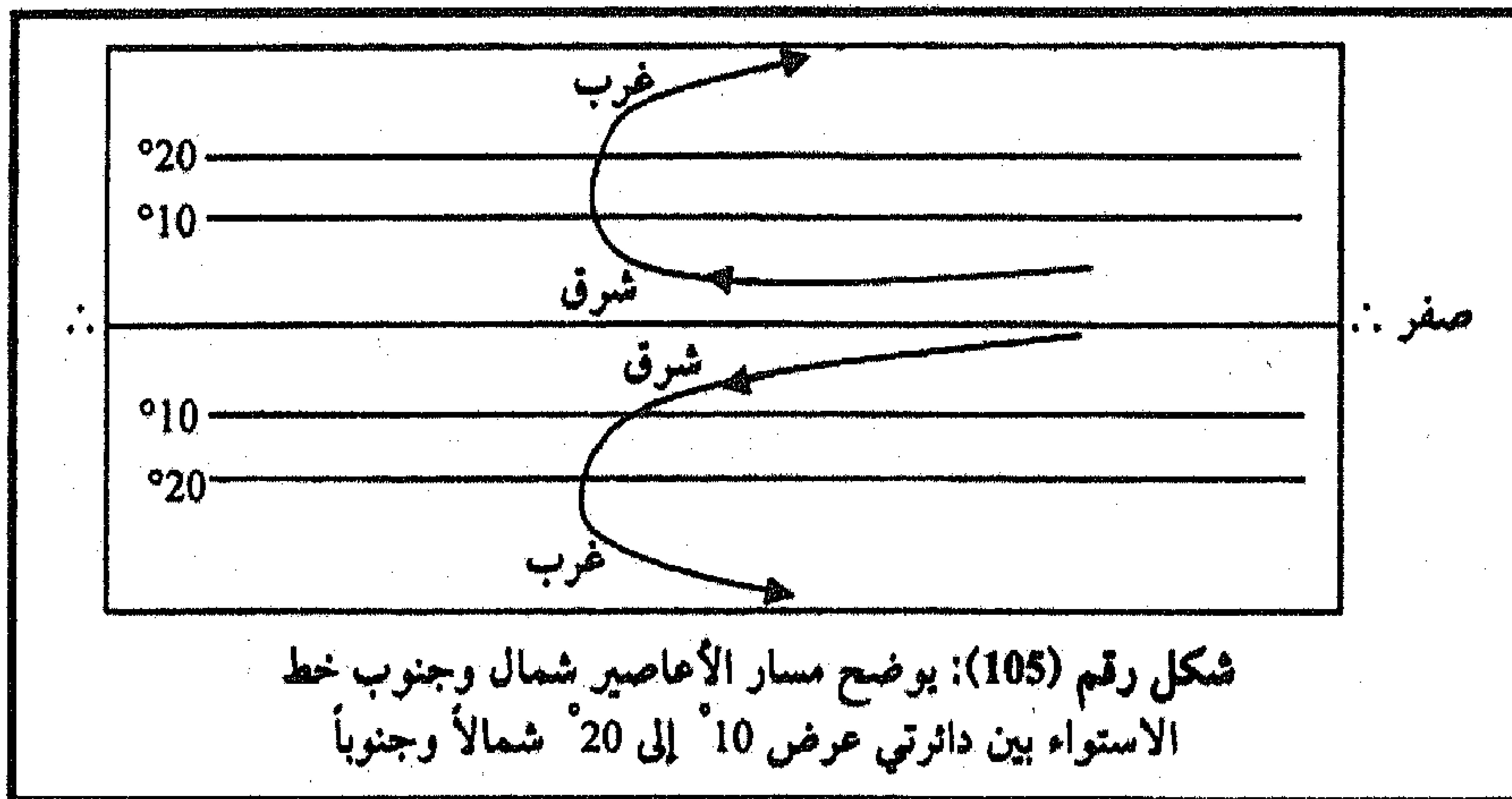
ما هو الفرق بينها وبين المنخفضات الجوية؟؟

تختلف الأعاصير المدارية عن المنخفضات الجوية التي تحدث في المنطقة المعتدلة من عدة وجوه. فبينما تظهر المنخفضات الجوية ضمن نطاق الرياح الغربية (The Westerlies)، فإن الأعاصير المدارية تظهر ضمن نطاق الرياح التجارية (The Trades)، والرياح الموسمية (The Monsoon)، أي ضمن المناطق الحارة، وبينما تنشأ المنخفضات على اليابس والماء على حد سواء،

(1) عن الإذاعة المرئية والمسموعة في يومي 28 و29/ 8/ 2002م.



يلاحظ على أن الأعاصير المدارية يغلب حدوثها في مناطق معينة من المحيطات بحيث لا تتوغل في اليابس إلا لمسافات قصيرة، وبينما يغطي المنخفض الجوي (The Depression) مساحة واسعة جداً، قد يصل قطرها لأكثر من (1500) كيلو متر، فإن قطر الإعصار المداري يكون أقل من ذلك بكثير، حيث يتراوح ما بين (100-250) كم فقط. وبينما يلاحظ تحرك المنخفضات الجوية من الغرب إلى الشرق بوجه عام، وذلك لتأثير الرياح الغربية فإن الأعاصير المدارية تتحرك عادةً من الشرق إلى الغرب، بتأثير كل من الرياح التجارية والموسمية معاً. ولو أن خط سيرها ينحرف نحو الشمال في نصف الكرة الشمالي، ونحو الجنوب في نصفها الجنوبي كما في الشكل التالي(1):



شكل رقم (105): يوضح مسار الأعاصير شمال وجنوب خط الاستواء بين دائرتي عرض 10° إلى 20° شمالاً وجنوباً

ويدور الهواء حول عين الإعصار التي يتراوح قطرها ما بين (30-50) كم ضد عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي، ومع عقارب الساعة في نصفها الجنوبي، وبسرعة تتراوح ما بين (200-350) كم. وعند مرور الإعصار على أي

(1) Weisberg, J. S.; Metrology, Houghton Mifflin company, Boston, 2rd Edition 1981 PP. 5-31…

مكان يرسم الباروجراف (Barograph) رقم 7، مما يشير إلى أن الضغط الجوي ينخفض فجأة عند مرور الإعصار، ثم يرتفع بعد ذلك مباشرةً. وكثيراً ما تؤدي هذه الأعاصير المدارية لتدمير المباني والمنشآت، وحدوث الضحايا في الأنفس والممتلكات وإغراق السفن والسيارات وتدمير البنى التحتية وغير ذلك من الخسائر التي تصل في بعض الأحيان إلى ملايين وغالباً إلى مليارات الدولارات كما حدث في إعصار كاترينا في 28/ 8/ 2005م، وضرب سواحل خليج المكسيك بالولايات المتحدة كما ذكرنا آنفاً. وتشتهر الأعاصير المدارية في الأقاليم التي تتعرض لها بأسماء مختلفة منها:

1. أعاصير الهاريكين

أطلق لفظ الهاريكين على هذا النوع من الأعاصير المدارية من الكلمة الإسبانية (Hurican)، ومعناها إله الشر. فأصبحت كلمة تطلق على الأعاصير المدارية القوية التي تنشأ في غرب المحيط الأطلسي وجنوب المحيط الهادي. وقد أطلقت عدة أسماء على الأعاصير التي تندرج تحت أعاصير الهاريكين في البحر الكاريبي ومنها إعصار أندرو (Andraw) وإعصار ديفيد (David) وإعصار كاترينا (Katrina) وإعصار ريتا (Rita) وإعصار خوسيه (Khussi) وإعصار جلبرت (Gilbert) وإعصار فلويد (Glyod) وإعصار إيفان (Evan) وإعصار ستان (Stan). واعصار ساندي Sandy تحرك هذا الاعصار من البحر الكاريبي وضرب سواحل جزيرة كوبا وبلغت سرعه الرياح فيه 180 كم، ويتجه الآن إلى الساحل الشرقي للولايات المتحدة وخاصة نيويورك ونيوجرسي ونورفولك وبسرعة الرياح تبلغ 135 كم وارتفاع الأمواج لنحو 4 أمتار وقد حلفّ وراءه في الكاريبي أكثر من 70 قتيلا وبدأ من 26/ 10/ 2012 وحتى 31/ 10/ 2012م وقد تم انقطاع التيار الكهربائي عن مئات الألوف من المنازل في نيويورك ونيوجرسي ومانهاتن وديللاوير وجورجيا وبلغ عدد القتلى نحو 60 قتيلا بالاضافة للخسائر

المادية بأكثر من 50 مليار من الدولارات حتى وصل تأثيره إلى ولايه أونتاريو في كندا وبلغت سرعة الرياح فيها نحو 100 كم، وقد بلغت سرعة الرياح في كل منها على الترتيب (250) كم و(280) كم و(180) كم و(260) كم و(250) كم و(280) و(270) كم و(200) كم بالساعة[1].

وتلحق أعاصير الهاريكين في المناطق التي تتعرض لها دماراً واسعاً وتصاحبها أمطاراً غزيرة وفيضانات جارفة، لاسيما وأن معدل الأمطار المصاحبة لها قد يصل أحياناً إلى (500) ملمتر اليوم، كما حدث في إعصار كاترينا[2] الآنف الذكر، بالإضافة إلى تزايد سرعة الرياح التي قد تصل إلى (260) كم، وأحياناً إلى (370) كم بالساعة. ويعتقد بعض الناس خطأً أن العامل الرئيس في الدمار الذي يسببه إعصار الهاريكين يعزى إلى انخفاض الضغط الجوي في الإعصار انخفاضاً شديداً. لكن الحقيقة تعزى إلى أن معظم الدمار يحدث نتيجة للرياح العاتية المرافقة للإعصار ذاته. كما أن منسوب المياه في الخلجان والمسطحات المائية الصغيرة التي تتعرض للهاريكين ترتفع لعدة أمتار، مما يؤدي لغمره مساحات شاسعة من المناطق الساحلية؛ مثلما حدث في مدينة نيوأورليانز التي تنخفض عن سطح البحر بنحو (86) قدماً كما ذكر آنفاً[3].

ولكن كيف يتم نشوء أعاصير الهاريكين؟؟

تنشأ هذه الأعاصير من انخفاض الضغط الجوي وتبخره كميات هائلة جداً

---

(1) من تسجيلات الباحث عن الإذاعة المرئية والمسموعة من عام 1990م حتى عام 2005.

(2) بلغت سرعة الرياح في إعصار كاترينا Katrina (280) كم كما وصلت درجة شدته غير مسبوقة بنحو F5. أي من المرتبة السادسة على مقياس Fuil 69.

(3) د. علي احميدان: محاضرات في الجغرافية المناخية، كلية تأهيل المعلمين العالية، وزارة التربية والتعليم بالأردن، عام 1991م.

من مياه المحيطات، وتكاثفها في تلك الأعاصير على شكل سحب كثيفة وأمطار غزيرة. ولهذا حينما تظهر أعاصير الهاريكين في الصور التي تلتقطها الأقمار الاصطناعية على شكل تجمعات ضخمة من الغيوم بحيث تتخذ شكلاً حلزونياً متفقاً مع حركة الرياح المرافقة له. ومن سمات هذه الأعاصير المدارية أنها لا تنشأ فوق اليابسة، ولكنها تنشأ وتتكون فوق المسطحات المائية من بحار ومحيطات دافئة. ومن أهم الظروف الملائمة لنشأتها هي:

أ. وجود طبقة من الهواء الرطب في منتصف طبقة التروبوسفير.

ب. أن يكون معدل تناقص درجة الحرارة للهواء بالارتفاع كبيراً، أي أن تكون الكتلة الهوائية غير مستقرة.

ج. ارتفاع درجة حرارة مياه البحر، حيث لا تقل عن (27°) مئوية على الأقل.

د. لا يقل بُعد المسافة عن خط الاستواء عن (500) كم، حتى يكون للقوة الكورولية تأثير محسوس يؤدي إلى انحراف الرياح وبدء الحركة الإعصارية.

هـ. أن يسبق نشأة إعصار الهاريكين وتطوره ظهور عاصفة مدارية أخرى، بحيث تشكل النواة الأولى التي يتكون منها الإعصار. ويتم نشوئها في الأجزاء الغربية من المحيطات، وذلك في مناطق الركود الاستوائي. حيث يساعد سكون الهواء على رفع درجة حرارة الطبقات السفلى فيه بسرعة؛ مما يؤدي إلى نشاط التيارات الهوائية الصاعدة المشبعة ببخار الماء. وحدوث حالة عدم استقرار في الهواء. فهدوء الهواء وقلة عدم تحركه يؤدي إلى ارتفاع حرارة الطبقة الملامسة لسطح الأرض، ثم تمددها إلى أعلى، وحدوث حركات انقلابية فيه. وتتوفر هذه الظروف على وجه الخصوص في منطقة الرهو الاستوائي حول الخط الاستوائي الحراري ما

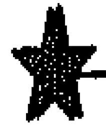
بين (10-20) شمالاً وجنوباً في نصف الكرة الأرضية[1].

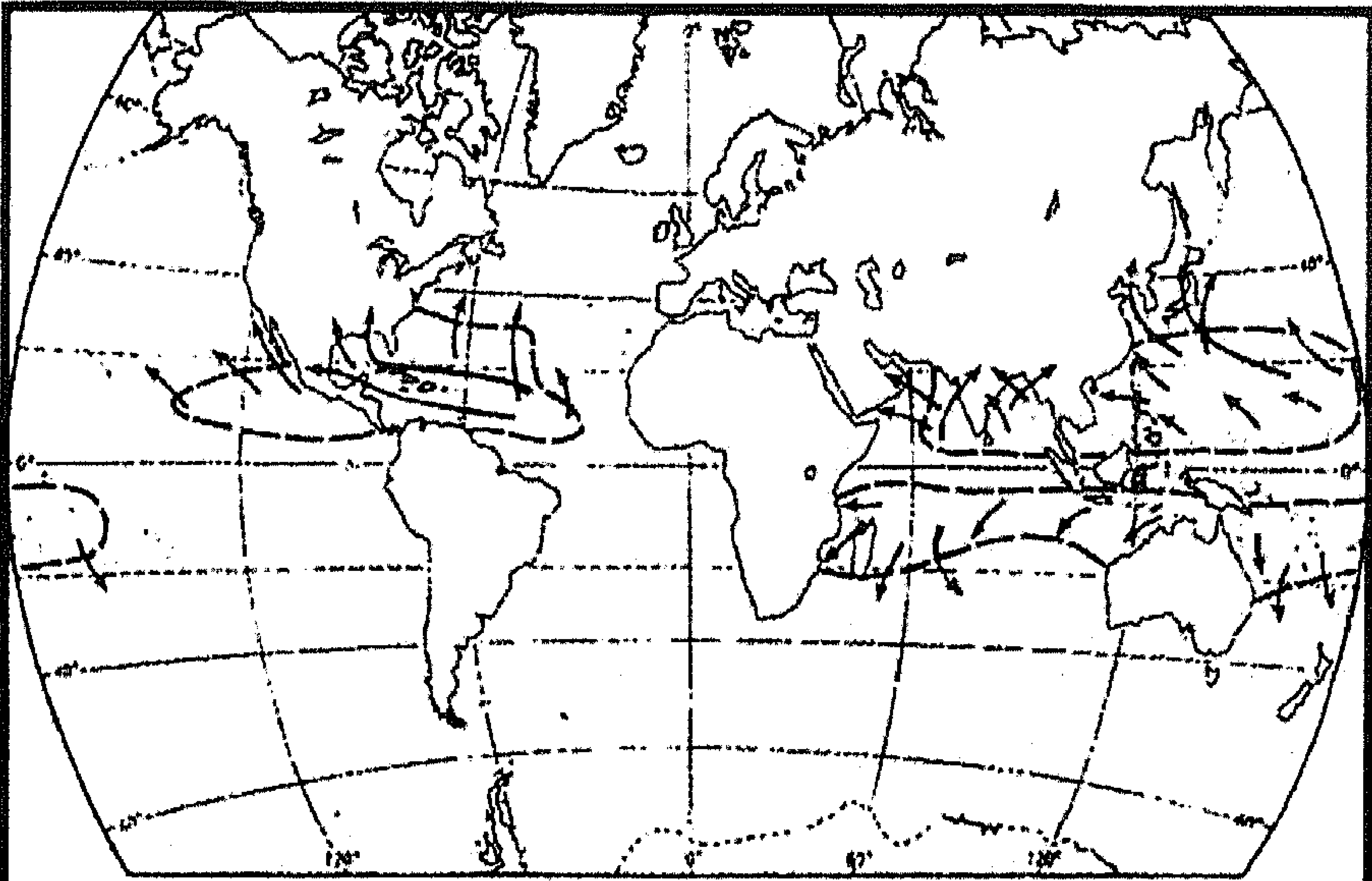
وعلاوةً على ما سبق، فإن التيارات المائية الاستوائية التي تنقل باستمرار إلى الأجزاء الغربية في المحيطات كميات كبيرة من المياه السطحية الدافئة، حيث الوفر الحراري الهائل- والتي يصبح الهواء فوقها محملاً بكميات هائلة من بخار الماء اللازم لتكوين الأمطار المتدفقة، والتي تعتبر بدورها من الظواهر الجوية الرئيسة المرافقة للأعاصير[2].

ومن الجدير بالذكر، أن هذه الأعاصير لا تظهر عند خط الاستواء نفسه. ويعزى ذلك إلى أن الرياح التي تعبر هذا الخط من الشمال إلى الجنوب أو العكس، لا تنحرف الانحراف الكافي الذي يمكن أن يسهم في إحداث الحركة الدورانية التي تتميز بها هذه الأعاصير. ويقصد بذلك دوران الرياح بسرعة حول مركز الإعصار على شكل دوامة أو زويعة عنيفة. ولكن كلما بعد ذلك شمالاً أو جنوباً من خط الاستواء كلما ساعد دوران الأرض على انحراف الرياح، وإحداث هذه الحركة الدورانية.

(1) د. علي احميدان، مرجع سبق ذكره.

(2) Twist, C.; Hurricanes and Storms, Clover Leat, 1992.





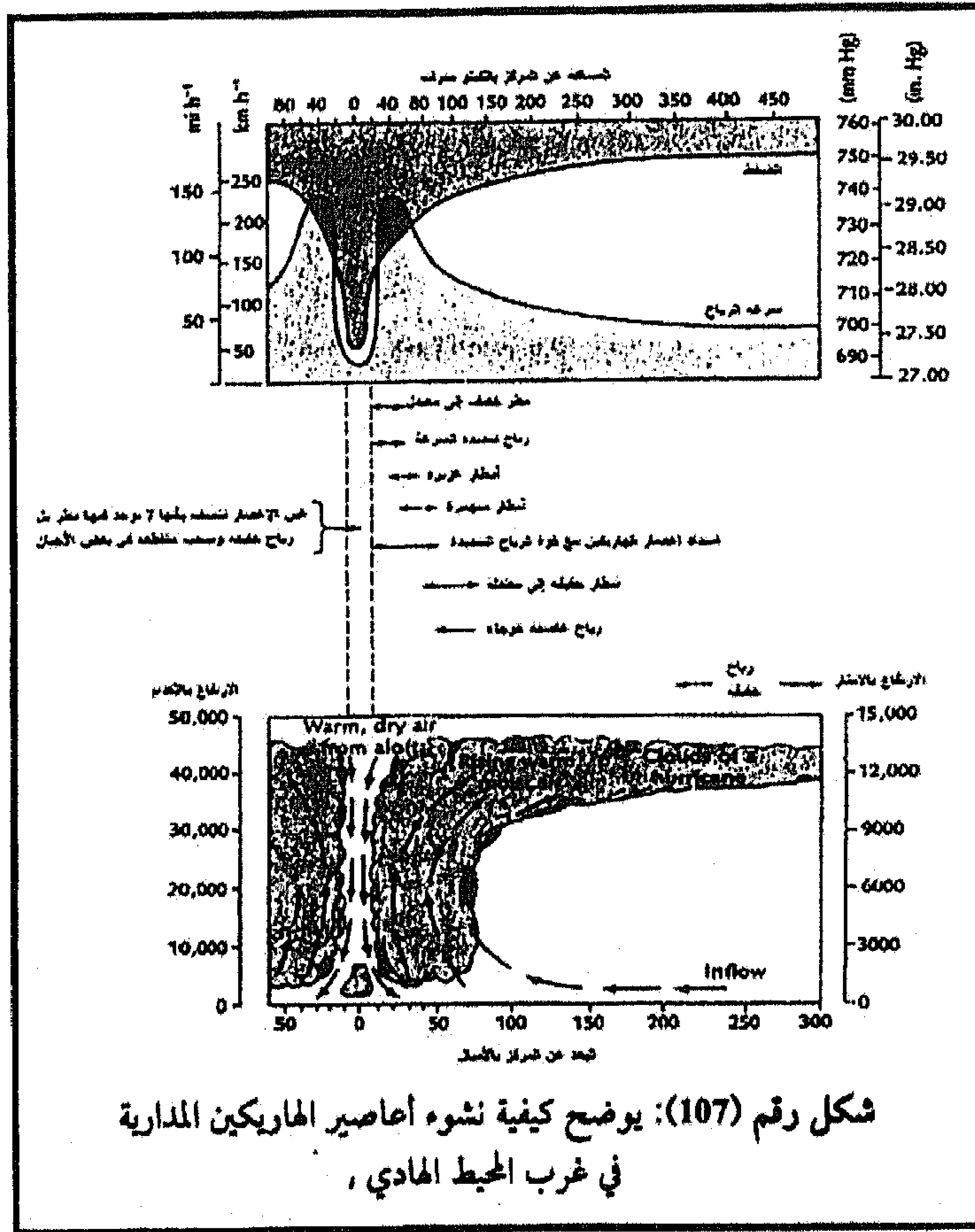
شكل رقم (106): يوضح اتجاهات هبوب الأعاصير المدارية من الشرق إلى الغرب في العالمين القديم والجديد معاً ،

وعليه، نجد أن الأعاصير لا تنشأ إلا في الفصل الذي تتزحزح فيه منطقة الركود الاستوائية، إلى أبعد وضع لها من خط الاستواء الفلكي. سواءً نحو الشمال أو نحو الجنوب، ويكون ذلك ما بين خطي عرض (10°– 20°) شمالاً وجنوباً كما ذكر آنفاً.

ولعل هذا يفسر لنا ندرة حدوثها في المحيط الأطلسي الجنوبي، إذ أن خط الاستواء الحراري ومنطقة الركود الاستوائي المرافقة له، يوجدان دائماً شمال خط الاستواء الفلكي بسبب ارتفاع معدل درجة الحرارة في نصف الكرة الشمالي عنه في نصفها الجنوبي.

كما يعزى ذلك لاتساع نسبة مساحة اليابس في النصف الشمالي من الكرة الأرضية (117 مليون كم^2) والباقي في نصفها الجنوبي البالغ (28 مليون كم^2).

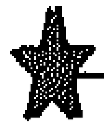


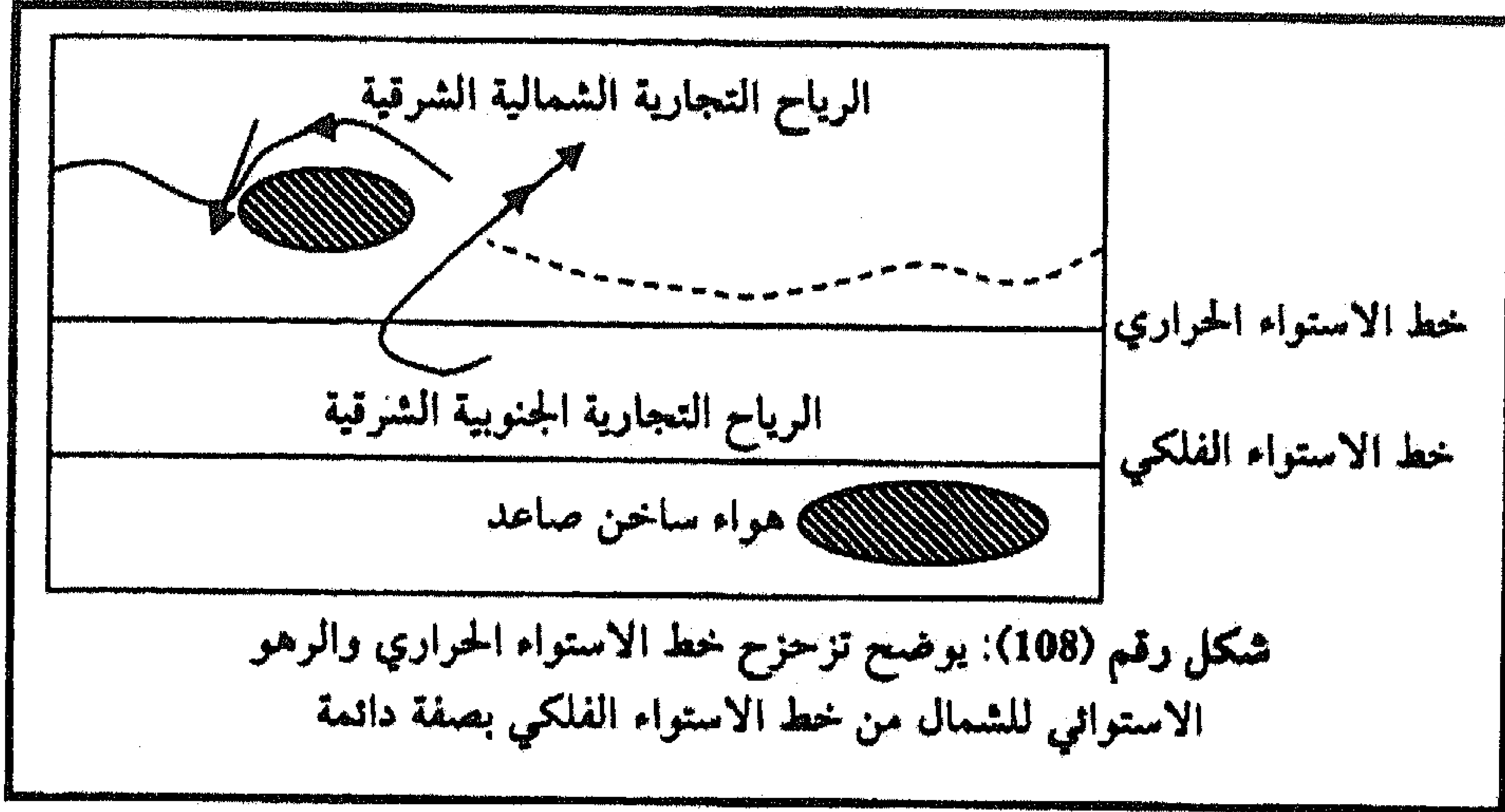


شكل رقم (107): يوضح كيفية نشوء أعاصير الهاريكين المدارية في غرب المحيط الهادي،

ومما يساعد على استمرار صعود الهواء الساخن في منطقة الرهو الاستوائي، هو كثرة التبخر وارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء، الأمر الذي يؤدي إلى استمرار رفع درجة حرارة الهواء، بسبب زيادة نسبة الإشعاع الشمسي، الذي يمتصه بخار الماء وتأثيره في تسخين الهواء من جهة، ثم حدوث التكاثف سواءً في صورة سحب أو تساقط. هذا بالإضافة إلى انتشار الحرارة الكامنة وتسخين الهواء من ناحية أخرى.

ونتيجةً لذلك، يستمر تحرك الهواء الساخن إلى أعلى، وكذلك يتحرك الهواء من المناطق المحيطة نحو مركزة ليحل محله كما في الشكل التالي:





شكل رقم (108): يوضح تزحزح خط الاستواء الحراري والرهو الاستوائي للشمال من خط الاستواء الفلكي بصفة دائمة

وهذا الوضع يعطي تفسيراً لحدوث معظم الأعاصير المدارية في أواخر الفصل الحار من السنة. حينما يبلغ البخر أقصاه. وكذلك تفسيرها لحدوثها فوق الأجزاء الغربية من المحيطات، حيث أن الرياح التي تهب على أجزائها الشرقية في تلك العروض تكون جافة وخارجة من كتل اليابس، أما في غربها فتكون قد مرت على سطح المحيطات وتشبعت بالرطوبة[1].

هذه هي الظروف التي جعلت الأجزاء الغربية من المحيطات في تلك العروض ملائمة لنشأة هذه الأعاصير[2].

وقد اختلفت الآراء حول العوامل المباشرة في إثارة هذه الأعاصير، ولكن الرأي السائد حالياً، هو أنها تنشأ نتيجةً لتقابل ثلاث كتل هوائية مدارية في مكان واحد، شريطة أن تكون إحداها مختلفة عن الكتلتين الأخريين. ويحدث هذا عادةً حينما تلتقي كتلة مدارية قارية بكتلة مدارية بحرية في مكان ما يقع قريباً من

(1) Stringer, E. T.; Foundation of Climatology, London, 1972.

(2) د. هلالي، الطقس والمناخ، مرجع سبق ذكره.

الجبهة الاستوائية[1]. كما أن هناك رأياً آخر يعزو سبب نشوئها إلى تقابل ثلاث كتل هوائية غير متجانسة في سماتها، الأمر الذي يؤدي إلى حدوث اضطراب شديد في هوائها وتداخل فيما بينها. فتتكون بسببه الدوامة أو الزويعة. وتشتد حركة الرياح حولها بحيث تتراوح سرعتها ما بين (150– 280) كم وأحياناً (370) كم بالساعة. ويبدو أن هذا التفسير يتطابق مع النظرية النرويجية في تفسير نشأة الانخفاضات الجوية في العروض المعتدلة. ومن أهم هذه الأعاصير هي:

1. أعاصير التيفون (Typhone) فيبحر الصين الجنوبي والشرقي.
2. أعاصير الويلي ويلي (Willy – Willy) في الساحل الشرقي الاسترالي.
3. أعاصير الباجيوس (Baguios) عند سواحل الفلبين.
4. أعاصير السايكلون (Cyclones) في خليج البنغال والبحر العربي والمحيط الهندي شرق جزر مدغشقر وموريشيوس، بالإضافة إلى إعصار الميمي في سواحل كوريا وإعصار الماوار في سواحل اليابان[2].

كما تصنف هذه الأعاصير المدارية التي تتعرض لها المناطق المدارية تلك، تبعاً لاختلاف سرعة الرياح المرافقة لها إلى ثلاث فئات هي:

أ. منخفض جوي مداري (Tropical Depression)، وهو الذي تقل سرعة الرياح المرافقة له عن (63) كم أو (34) عقدة، وهو يختلف اختلافاً جوهرياً عن المنخفضات الجوية التي تحدث في المناطق المعتدلة والباردة.

ب. عاصفة مدارية وهي تلك العاصفة التي تصل فيها سرعة الرياح المرافقة لها، إلى نحو (117) كم أو (63 عقدة).

---

(1) د. طريف شرف، مرجع سبق ذكره، ص 162.

(2) د. علي احميدان، مرجع سبق ذكره.

ج. إعصار الهاريكين، وهو الحالة التي تتجاوز فيه سرعة الرياح المرافقة له، أكثر من (118) كم أو (64 عقدة).

ولكن ما هي سمات أعاصير الهاريكين؟

من أهم خصائصها ما يلي:

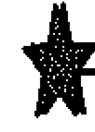
أ. يبلغ متوسط عمر الهاريكين نحو أسبوع تقريباً، لكنه يتمركز أحياناً لمدة أطول.

ب. تتحرك أعاصير الهاريكين من الشرق إلى الغرب، ضمن نطاق الرياح التجارية والموسمية.

ج. يقل قطر الهاريكين المثالي عن (650) كم، وبالرغم من ذلك فإن الضغط الجوي ينخفض فيه أحياناً إلى أقل من (90) ملليبار، ويصل في بعض الحالات النادرة إلى أقل من ذلك. فقد انخفض الضغطالجوي في إعصار التيفون المعروف بإعصار تيب (Tip) إلى (870) ملليبار، والذي ضرب الشمال الغربي من المحيط الهادي في تشرين الأول من عام 1979م. وبلغت سرعة الرياح المصاحبة له نحو (305.25) كم بالساعة.

د. يستمد إعصار الهاريكين طاقته التدميرية الهائلة، من تكاثف بخار الماء المتصاعد عبر التيارات الهوائية الصاعدة في مناطق الركود الاستوائي فوق المسطحات المائية الساخنة التي تصل درجة حرارتها لنحو (27) مئوية.

هـ. تنشأ هذه الأعاصير فوق المسطحات المائية الدافئة، ولكنها تبدأ بالضعف والتلاشي بعد أن تعبر أراضي اليابس لمسافات قصيرة.



مسارات الأعاصير المدارية

ذكرنا آنفاً أن هذه الأعاصير تتحرك بوجه عام، ضمن نطاق الرياح التجارية والموسمية من الشرق إلى الغرب، ثم تنحرف نحو الشمال في نصف الكرة الشمالي ونحو الجنوب في نصفها الجنوبي. فإذا ما حدث ووصل بعضها إلى نطاق الرياح الغربية فإنه يغير اتجاه سيره تغييراً تاماً. ويبدأ في التحرك من الغرب إلى الشرق وعندئذٍ يتلاشى الإعصار نهائياً أو يتحول إلى منخفض جوي عادي، من نوع المنخفضات الجوية التي تظهر في المناطق المعتدلة.

وبالرغم من أن هذه الأعاصير قد تظهر في أي شهر من شهور السنة، إلا أنها تكثر بصفة خاصة في فصلي الصيف والخريف، وهما الفصلان اللذان يكون فيهما نطاق الركود الاستوائي أبعد ما يكون عن خط الاستواء الفلكي شمالاً أو جنوباً. ولو أن موسم كثرتها قد يتغير نوعاً ما في منطقة عنه في منطقة أخرى.

وفي ما يلي أهم المناطق التي تتعرض لهذه الأعاصير المدارية:

1. منطقة بحر الصين الشرقي والجنوبي.
2. منطقة خليج البنغال.
3. منطقة جزر الهند الغربية.
4. منطقة جزر المحيط الهندي (موريشيوس ومدغشقر).
5. منطقة البحر العربي والخليج العربي.
6. منطقة جنوب المحيط الهادي (جزر فيجي وكوينز لاند وشرق استراليا).

1. منطقة بحر الصين الشرقي والجنوبي

تتعرض هذه المنطقة لضرب الأعاصير بنحو 22 إعصاراً سنوياً. وتحدث معظمها في أشهر تموز وآب وأيلول وتشرين أول. ويعتبر شهر أيلول من أكثرها

تعرضاً لمثل هذه الأعاصير؛ حيث تبلغ نسبة ما يصيبه منها نحو 19٪ من المتوسط السنوي، وإن كنا نجد فيها بالذات أن جميع أشهر السنة معرضة لحدوثها.

2. منطقة خليج البنغال

قدر عدد الأعاصير التي تتعرض لها هذه المنطقة سنوياً بنحو عشرة أعاصير، حيث يبدأ موسمها في شهر حزيران وينتهي في شهر تشرين ثاني. وهي تكثر بصفة خاصة في شهري تموز وآب. وتبلغ نسبة مجموع ما يحدث فيهما معاً نحو 37٪ من المتوسط الشهري ولكنها تنعدم تقريباً في أشهر كانون ثاني وشباط وآذار.

وقد تعرضت بانغلادش في 1/ 5/ 1991 للإعصار السايكلون cycnone المدمر، حيث بلغت سرعة الرياح فيه نحو 235 كيلومتراً في الساعة وذهب ضحيته نحو 1000000 شخص وتدمير ما قيمته 400 مليون دولار.

أما أقوى الأعاصير التي تعرضت لها هذه المنطقة، فكانت في شهر تشرين أول عام 1970، وذهب ضحيته نحو 700 ألف شخص وتشريد نحو 2 مليون نسمة، وخسائر قدرت بعشرات الملايين من الدولارات (شكل 113).

3. مسارات منطقة جزر الهند الغربية وسواحل خليج المكسيك

وتتعرض هذه المنطقة لنحو ستة أعاصير في السنة، حيث يبدأ موسمها في شهر حزيران وينتهي في تشرين الثاني. ومن أكثر الأشهر تعرضاً لها أشهر آب وأيلول وتشرين الأول. إذ تبلغ نسبة مجموع ما يحدث فيها نحو (46٪) من إجمالي المتوسط السنوي. أما الفترة التي تنتهي في أيار، فتنعدم فيها الأعاصير تماماً. ومن أهم أنواع الأعاصير التي ضربت هذه المنطقة هو إعصار كاترينا (Katrina) الذي سبقت الإشارة إليه في يوم 28/ 8/ 2005م، وبلغت خسائره نحو (105) مليارات دولار، وبلغت سرعة الرياح فيه نحو (280) كم بالساعة، ومن أكثر المناطق

تضرراً كانت مدينة نيوأورليانزا التي غرق فيها نحو (80٪) من مساحتها، بعد أن ارتفعت مياه الخليج إلى نحو (4) أمتار تقريباً. وهناك أعاصير أخرى تتعرض لها هذه المنطقة مثل إعصار أندرو (Androw) وإعصار إيفان (Evan) وإعصار فلويد (Floyd) وإعصار ديفيد (David) وإعصار جلبرت (Gilbert) وأعصار ستانلي، حيث تراوحت سرعة الرياح فيها مجتمعة ما بين (185-280) كم بالساعة[1].

4. منطقة جزر المحيط الهندي (مدغشقر وموريشيوس)

قدر مجموع الأعاصير التي تضرب هذه المنطقة سنوياً بنحو ستة أعاصير، حيث يبدأ موسمها في كانون الأول وينتهي في نيسان. وتبلغ نسبة ما يحدث منها في شهر شباط (جنوب خط الاستواء) وحده نحو (29٪) من المتوسط السنوي. ولكنها تختفي كلياً تقريباً فيما بين شهري حزيران وتشرين أول[2].

قال تعالى: ﴿أَوْ كَظُلُمَٰتٍ فِي بَحْرٍ لُّجِّيٍّ يَغْشَىٰهُ مَوْجٌ مِّن فَوْقِهِۦ مَوْجٌ مِّن فَوْقِهِۦ سَحَابٌ ظُلُمَٰتٌۢ بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ إِذَآ أَخْرَجَ يَدَهُۥ لَمْ يَكَدْ يَرَىٰهَا وَمَن لَّمْ يَجْعَلِ ٱللَّهُ لَهُۥ نُورًا فَمَا لَهُۥ مِن نُّورٍ﴾ الآية 40 من سورة النور.

5. منطقة البحر العربي والخليج العربي

وتتعرض هذه المنطقة سنوياً لوقوع إعصارين فيها. واحتمال ظهور الأعاصير في هذه المنطقة له موسمان، حيث يبدأ الموسم الأول منهما في نيسان، وينتهي في شهر تموز. أما الموسم الثاني فيبدأ في شهر أيلول وينتهي في كانون

(1) المرجع نفسه.

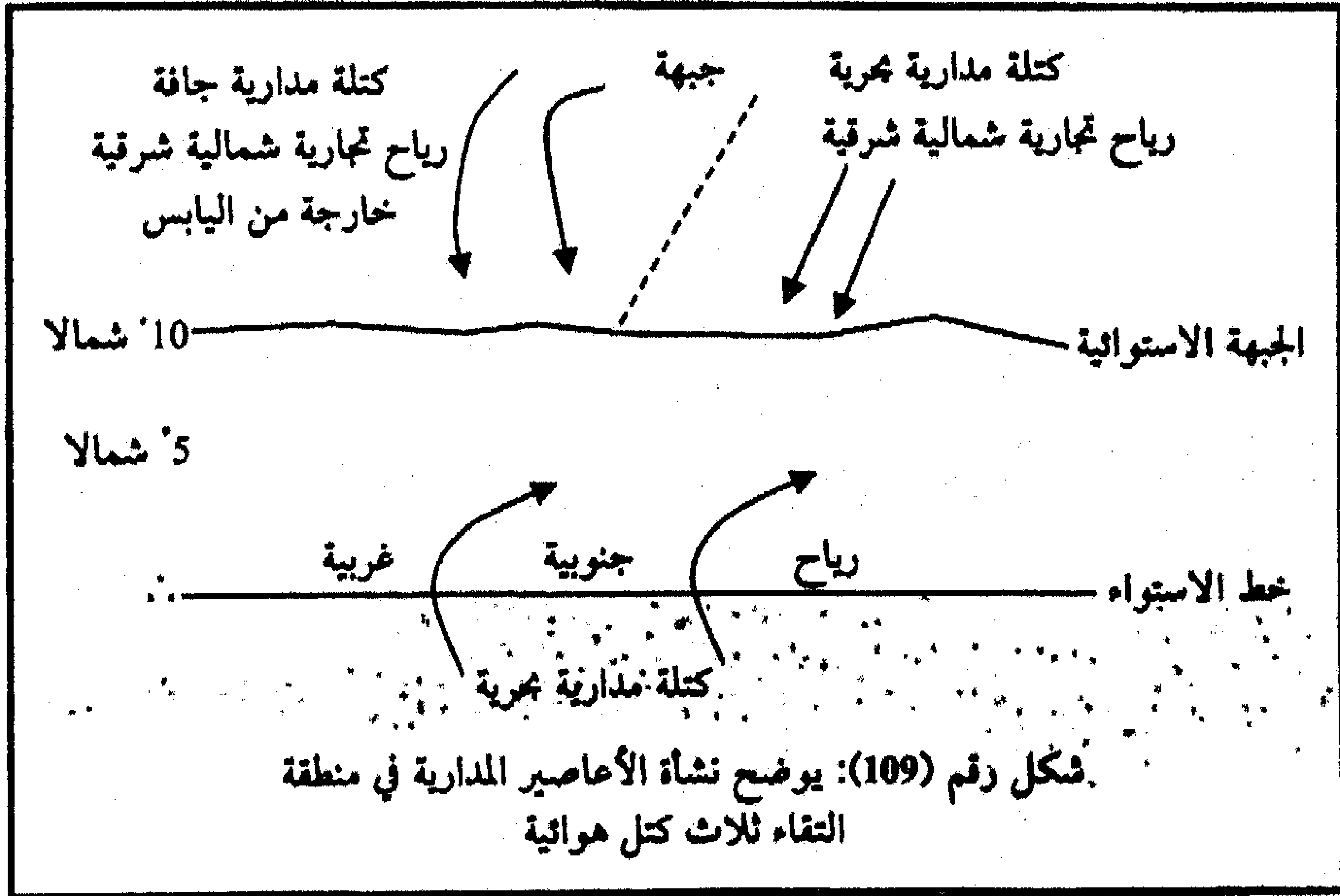
(2) Blair, T. A.; Weather Elements, New York, 1976, PP. 30-61.

الثاني. ومن أهمها إعصار جونو Gono الذي ضرب سلطنة عُمان وأدى لفيضانات كبيرة وخسائر بالأرواح عام 2009م.

6. منطقة جنوب المحيط الهادي (جزر أستراليا وحول فيجي وكوينزلاند).

ويبلغ متوسط ما تتعرض له هذه المنطقة من أعاصير مدارية نحو إعصارين سنوياً. ومن أكثر الشهور تعرضاً لها هي الفترة الممتدة بين شهري كانون الأول حتى نيسان. ويوضح الشكل التالي نموذج تكون ونشوء هذه الأعاصير المدارية.

شكل يوضح نشأة الأعاصير المدارية في منطقة التقاء ثلاث كتل هوائية مختلفة المنشأ[1].



شكل رقم (109): يوضح نشأة الأعاصير المدارية في منطقة التقاء ثلاث كتل هوائية

ملاحظة مهمة

هناك بعض الباحثين في هذا الصدد من يرى أن التمييز بين الأعاصير

(1) Horrocks, N. L.; Physical geography and Climatology, 1953, PP. 218-232.

المدارية (Tropical Cyclones) والمنخفضات الجوية، أن الأولى لا يشترط لتكوينها التقاء كتل هوائية مختلفة المنشأة ولا بنشوء جبهة جوية. أي أنها اضطرابات خالية من أية جبهات جوية محددة؛ بينما تتميز الثانية وهي المنخفضات الجوية (Depressions) التي تتعرض لها المناطق المعتدلة؛ هو أن الاضطرابات الجوية تقترن عادةً بالتقاء كتل هوائية مدارية دافئة؛ بكتل قطبية باردة مع نشأة جبهة جوية تفصل بينهما[1].

عين الإعصار

تتصف عين الإعصار بأنها عبارة عن منطقة دائرية، يتراوح قطرها ما بين (30-60) كم. وتتسم بهدوء الرياح وصفاء السماء وقلة الأمطار. كما تسود فيها تيارات هوائية هابطة. أما أكثر مناطق الإعصار اضطراباً، فهي التي تحيط بعين الإعصار[2]. وتعرف بجدار العين (Eye Wall). فقد اتضح للباحثين في هذا الصدد أن الرياح تصل لأقصى سرعة لها في تلك المنطقة. وأن السماء تكون فيها ملبدة بالغيوم، وتسقط عليها أمطاراً غزيرة، كما أنها تتميز بأنها منطقة تسود فيها تيارات هوائية صاعدة. أما على أطراف الإعصار فتوجد تيارات هابطة، مما يضع حداً واضحاً لجميع الظواهر الجوية التي ترافق الإعصار، ويجعل من الطقس الذي يسبق وصوله مباشرةً طقساً حسناً[3].

تصنيف الأعاصير

لقد تم تصنيف هذه الأعاصير إلى خمس فئات من (1-5) حسب شدتها.

---

(1) د. نعمان شحادة، المرجع السابق.

(2) د. نعمان شحادة، مرجع سبق ذكره.

(3) Henderson, A. & Robinson, P.; Contemporary Climatology, ((ELBS), 1987.

وتتدرَّجْ تلك الأعاصير في القوة كلما زاد رقمها على مقياس سفير- سيمبسون (Saffir – Simpson)، وهو شبيه بمقياس رختر لشدة الزلازل. وقد استخدم في تقدير قوة الإعصار وسرعة الرياح المرافقة له، وانخفاض الضغط الجوي في مركزه ومقدار الارتفاع في مياه البحر الناجم عنه. كما تصنف الأعاصير من الرتب الثلاث الأخيرة بأنها أعاصير شديدة. وبالرغم من أن نسبتها لا تتجاوز الـ (20٪) من إجمالي المجموع الكلي لأعاصير الهاريكين، إلا أنها تتسبب في أكثر من (75٪) من الدمار الذي تلحقه تلك الأعاصير بالولايات المتحدة.

ويوضح الجدول التالي رتب الأعاصير وسرعة الرياح والضغط الجوي بالملليبار وارتفاع المياه بالأمتار.

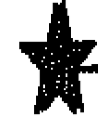
جدول رقم (6): يوضح رتب الأعاصير وسرعة الرياح والضغط الجوي بالملليبار وارتفاع الأمواج البحرية بالأمتار

الرتبة	سرعة الرياح (كم)	الضغط الجوي ملليبار	ارتفاع المياه بالأمتار
1	154	980	1-1.7 متر
2	155-178	979-965	1.8-2.6 متر
3	179-209	964-945	2.7-3.8 متر
4	210-252	944-920	3.9-5.6 متر
5	252 فأكثر	أقل من 920	5.7 متر فأكثر[1]

ولكن هل يمكن للتقدم العلمي تعديل هذه الأعاصير؟؟

لقد بذلت الولايات المتحدة جهوداً جبارة بهذا الصدد، لمراقبتها وتتبع مساراتها وإنذار المحطات الأرضية بقرب وصولها، أو إضعاف تلك الأعاصير. خاصةً في منطقة خليج المكسيك التي ضربها إعصار كاترينا (Katrina) في 28/ 8/ 2005م، وأدى لخسائر بلغت (105) مليارات دولار، وتهجير كل سكان

(1) Ibid.



مدينة نيوأورليانز وإعادة ترميمها من جديد نتيجةً لهذا الإعصار المدمر، ولم تستطع أن تفعل شيئاً أمام جبروته!!

أعاصير التورنادو Tornado

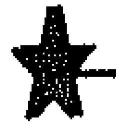
كلمة التورنادو في الأصل مشتقة من الكلمة الإسبانية (Tornado) ومعناها العاصفة الرعدية. ويتميز إعصار التورنادو بأنه عبارة عن عاصفة قصيرة المدة صغيرة المساحة، تدور الرياح فيها حول مركز الإعصار في حركة دورانية بالغة العنف، حيث تتراوح سرعتها الدورانية ما بين (350-555) كم بالساعة.

ويطلق اسم التورنادو على نوعين مختلفين من الأعاصير، حيث يظهر الأول منهما في غرب إفريقية على ساحل غانا بالقرب من خط الاستواء، ويدعى بالتورنادو الإفريقي، ويعزى سبب تكوينه إلى تلاقي رياح الهرمطان الجافة القادمة من الصحراء الكبرى في الشمال، بالرياح الموسمية الرطبة الآتية من الجنوب. ويكون مصحوباً ببرق ورعد شديدين مع أمطار غزيرة جداً، الأمر الذي يؤدي لخسائر مادية كبيرة. أما الثاني من أعاصير التورنادو، فيظهر في المناطق المعتدلة داخل نطاق بعض المنخفضات الجوية العادية مثل المنخفضات التي تعبر أراضي قارة أمريكا الشمالية خلال أشهر كانون ثاني نيسان وتموز وتشرين أول من الغرب إلى الشرق.

ويتصف هذا النوع بأنه صغير الحجم جداً، حيث أن المنطقة التي يغطيها لا يزيد قطرها في الغالب عن (1500) متر، وقد ينخفض أحياناً إلى نحو (100) متر فقط.

وتعزى طاقته الهائلة والسرعة المدمرة للرياح[1] التي ترافقه إلى صغر

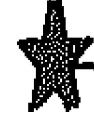
(1) William, R. C. & Pieleke, R. A.; Human Impact on Weather and Climate, Cambridge University Press, 1995.

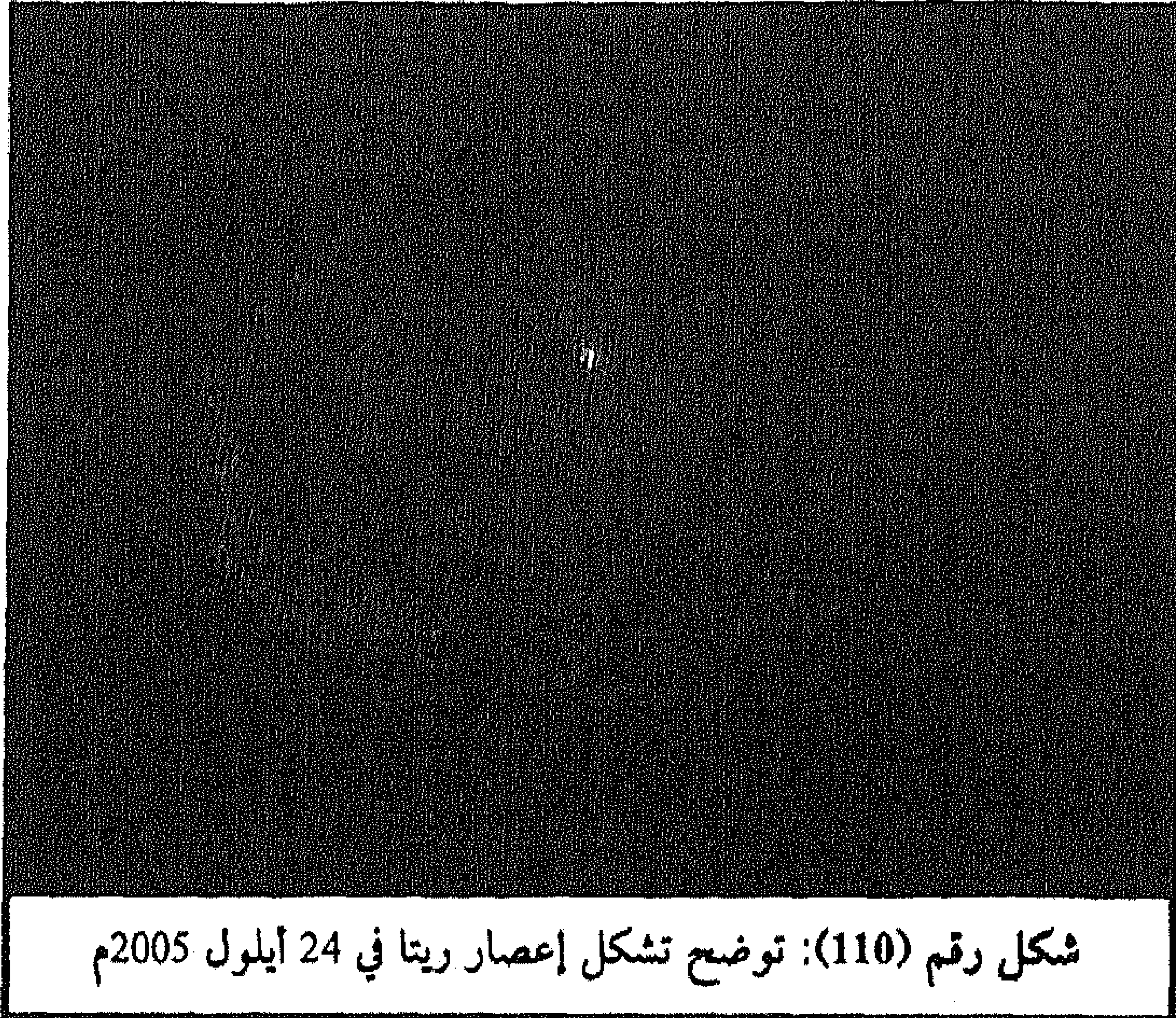


مساحته، وشدة تدرج الضغط الجوي المصاحب له. فمعظم هذا النوع من الأعاصير يتناقص فيه الضغط الجوي من (800-600) ملليبار فأقل من ذلك، وأحياناً سرعة الرياح فيه تصل لنحو (555) كم بالساعة.

وفي الواقع أنه لم يتم حتى الآن قياس شدة انحدار الضغط الجوي أو سرعة الرياح التي ترافق هذا الإعصار المدمر الرهيب. حيث أن أجهزة الرصد الجوي التي يمر عليها يدمرها كلياً. وقد تتحايل دوائر الأرصاد الجوية بالولايات المتحدة، حينما يظهر هذا العملاق بوضع دشم إسمنتية ثقيلة جداً في إحدى السيارات الشاحنة الصغيرة، مع أجهزة الرصد حتى لا تتعرض للانقلاب أو التدمير، وغالباً ما يتحقق لرجال الرصد الجوي ما هدفوا إليه، من قياسات انحدار الضغط الجوي والحرارة والرطوبة، وسرعة الرياح العاتية. كما أن رجال الأرصاد الجوية يقدرون هذه القيم الإحصائية من تحليل الآثار التدميرية التي تتمخض عن هذا العملاق المناخي في المساكن والآليات والمنشآت الأخرى.

وتتشكل هذه الأعاصير الجبّارة في ولايات بنراسكا وكنساس وكلوراد وتكساس حيث تتراوح سرعة الرياح فيها ما بين 280 إلى 500 كم، ويقوم رجال الرصد الجوي بوضع أجهزة القياس مع كاميرات لاعطاء صورة حقيقية عن داخل الإعصار المذكور.





شكل رقم (110): توضح تشكل إعصار ريتا في 24 أيلول 2005م

ومن الغريب أنه بينما يدمر التورنادو كل معالم الحياة ومظاهر العمران، إلا أنه يقتصر في تدميره هذا عادةً على شريط ضيق؛ لا يزيد عرضه عن قطر دائرة التورنادو نفسها، بينما يبقى كل ما حولها سليماً لحد كبير.

كيف تنشأ أعاصير التورنادو؟

ينشأ هذا النوع من الأعاصير ضمن العواصف الرعدية، ولاسيما على طول جبهة محددة، تنشأ نتيجة اندفاع هواء قطبي جاف شديد البرودة، فوق كتلة من الهواء المداري الدافئ الرطب. وغالباً ما ينشأ هذا على اليابس، في فصلي الربيع والصيف خاصة فيما بعد الظهر. وهو يتحرك عادةً من الغرب إلى الشرق، في خط مستقيم تقريباً ضمن نطاق الرياح الغربية[1]. ومن أكثر الشهور التي يحدث فيها هي أشهر نيسان وآيار وحزيران. وحينما يتمكن الهواء الدافئ الرطب من اختراق الهواء القطبي الجاف، تتشكل سحب المزن الركامي الكثيفة،

(1) Watts, A.; The Weather Hand Book, Sheridan House, 1994.

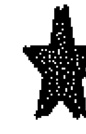
بحيث تتخذ شكل السندان أو القمع وأحياناً الفِطْر. وتعرف بالسحب القمعية (Funnel Clouds)، وتصل سرعة الرياح فيه نحو (555) كم بالساعة، وتدفعه الرياح الغربية بسرعة تتراوح ما بين (40–75) كم بالساعة، ولكنه يتلاشى غالباً بعد تحركه لمسافة (30) كم فقط. وإذا ما قدر لهذا النوع من الأعاصير العبور فوق المسطحات المائية فإن المياه تضطرب اضطراباً شديداً، وقد تخرج من سطح الماء نافورة يصل ارتفاعها أحياناً لأكثر من (50) متراً، وقطرها يتراوح ما بين (8–15) متراً. كما يتدلى من السحاب مخروط طويل يمتد نحو الأرض، ويعتبر ظهور هذا المخروط دائماً نذيراً باقتراب التورنادو الجبّار.

وتتعرض أراضي الولايات المتحدة لأعاصير التورنادو خاصةً في ولايات تكساس وأوكلاهوما وكنساس وميسورى ونيراسكا وأيوا. كما تتعرض له كندا وأستراليا ولكنها قليلة الحدوث في بقية أنحاء العالم المختلفة[1]. ولا تزال العديد من النماذج التجريبية التي صممت لتمثيل التورنادو وتحليله، عاجزةً عن تفسير نشأته تفسيراً شاملاً لكن معظم الباحثين في هذا الصدد، يجتمعون على أن المصدر الرئيس للطاقة فيه، هو ناجم عن الطاقة الكهربائية المطردة، التي تتجمع في السحب الرعدية المصاحبة لها، نتيجةً لشدة البرق الذي يحدث داخلها. (شكل 112).

تصنيف أعاصير التورنادو

قام أحد الباحثين الأميركيين ويدعى فوجيتا (Fujita)، وهو يعمل أستاذاً للأرصاد الجوية في جامعة شيكاغو بتصميم مقياساً للتعبير عن شدة هذه الأعاصير. ويستخدم في الأوساط العلمية وعلى نطاق واسع. ويصنف ذلك المقياس أعاصير التورنادو إلى سبع مراتب، بدءاً بالمرتبة (F0) والتي تمثل أقلها

(1) Wallace, J. and Hobbs, Op cit, PP. 41-65.



مرتبة، وانتهاء بالمرتبة السابعة التي تعتبر أكثرها شدةً وقوة. علماً بأن إعصاراً من المرتبة السابعة لم يحدث من قبل على الإطلاق، ولكنه يمثل الحد الأقصى الذي يمكن أن تصل إليه شدة وقوة الإعصار[1].

ويوضع الجدول التالي سلم فوجيتا لتصنيف أعاصير التورنادو:

جدول رقم (7): يوضح سلم فوجيتا **Fujita** لتصنيف أعاصير التورنادو

المرتبة	سرعة الرياح ميل بالساعة
F0	72-40
F1	112-73
F2	157-113
F3	206-158
F4	260-207
F5	315-261
F6	316 فأكثر

نخلص من هذا العرض إلى أن الأعاصير المدارية والتورنادو، تؤدي لدمار كبير في المنشآت والأرواح كما حدث عام 2005م في سواحل خليج المكسيك وجزر البحر الكاريبي، وعلى رأسها إعصار كاترينا الذي بلغت شدته وتدميره تقريباً موجات تسونامي Tsunami في أندونيسيا عام 2004م، بل قدرت الأرصاد الجوية شدته من المرتبة السادسة (F5)، بالإضافة إلى إعصار الماوار El-Mawar في اليابان وأعاصير التيفون في الصين وشرق استراليا الأمر الذي أدى إلى أهتمام دول العالم بمراقبة هذه الظواهر الجويه المدمرة بوساطة أجهزة الرادار وبطائرات الاستكشاف، والأقمار الاصطناعية (وأجهزة تشبه تسجيل

(1) Rummey, G. R.; Op cit. PP. 16-33, 41-91.

الهزات الأرضية)، بالإضافة للأجهزة التقليدية للرصد الجوي وخرائط الطقس. حيث تذاع كافة المعلومات وتعطى الإنذارات المسبقة عن مكان وحركة الإعصار. وذلك لأخذ الاحتياطات اللازمة تجنباً لكوارثه المدمرة، بإجلاء السكان عن المدن الواقعة في مساراتها. كما حدث للمدن الواقعة على سواحل خليج المكسيك. ولكنها بالرغم من التحذيرات إلا أن مدينة نيوأورليانز كانت من ضحايا إعصار كاترينا الشديد عام 2005 كما اجتاح اعصار ستانلي Stanly الساحل الشرقي للولايات المتحدة من مدينة بوسطن شمالا حتى ولاية فلوريدا جنوبا وادي لخسائر مادية قدرت بنحو 50 مليار دولار ومقتل نحو 60 شخصاً وانقطاع التيار عن عشرات الملايين من المساكن من 1/ 11/ 2012 إلى 3/ 11/ 2012م.

وقد جرت محاولات عديدة منذ عام 1940م، للسيطرة على هذه الأعاصير والعواصف، ولكنها لم تؤد إلى تقدم محسوس، إلا بعد استخدام الأقمار الاصطناعية والتي أصبحت بدورها العيون الساهرة للباحثين. حيث تقوم بمراقبة ومتابعة مساراتها من أماكن نشوئها حتى تلاشيها. فقد قامت هذه المحاولات برش السحب في الأعاصير بأيوديد الفضة أو ثاني أكسيد الكربون وهو في حالة صلبة بواسطة الطائرات. وأدت إلى حدوث تكاثف بخار الماء وتكون بلورات الجليد في السحب، وتم بالتالي توزيع الطاقة في الإعصار، وانتشارها على مساحات أوسع فيه. كما قللت هذه المحاولات أيضاً من تزايد سرعة الرياح.

وبالرغم من أن النتائج الأولية مشجعة إلا أنها لا تزال بعيدة المنال عن فهم طبيعة العملية الفيزيائية، التي تجري في الإعصار نفسه. ولا يقطع العلماء بما سيكون عليه الأمر في المستقبل. ولكن ما من شك أنهم متفقون على أن استمرار التجارب العلمية بالتعاون والتنسيق على المستوى الدولي ضمن إطار المشاريع

العملية؛ التي تؤديها المنظمة العالمية للأحوال الجوية بهذا الصدد؛ سوف تؤدي لنتائج إيجابية لحد ما[1].

وما يقال عن الأعاصير يمكن قوله على تفادي ضرر البرّد، حيث بذل العلماء وخبراء الأرصاد جهوداً كبيرة لهذا الغرض واعتمدوا في تجاربهم على ما يلي:

أ. عدم الانتظار حتى ينمو البرد إلى حجم أكبر، بل كلما كان في البداية كلما أمكنت السيطرة عليه بصورة أسهل وأقل ضرراً. علماً بأنه يتكون في السحاب الركامي الذي يولد العواصف الرعدية.

ب. محاولة إسقاط المطر مبكراً في بداية تكون العاصفة، الأمر الذي سوف يؤدي إلى عدم تكون البرد فيما بعد.

كما حاول العلماء رش السحاب ببلورات أيوديد الفضة، وذلك بإطلاق الصواريخ من مدافع خاصة، وقد توصلوا إلى نتائج مرضية، بحيث خففت الأضرار المتوقعة بنسبة (90٪) وإن كان نجاح هذه الطريقة يعتمد على العوامل الأخرى السائدة في المنطقة، كدرجة الحرارة والرطوبة في المنطقة ومقدار التبخر وسرعة الرياح ومقدار الطاقة الشمسية[2].

وعليه، فلا يمكن اعتماد نجاح تجربة في مكان ما؛ ضرورة نجاحها في مكان آخر. وذلك لصعوبة توفير نفس الظروف. وهذه هي إحدى المعضلات التي تواجه خبراء الأرصاد الجوية في العالم[3].

---

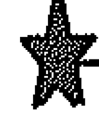
(1) Flohn, H.; Op Cit.

(2) سلطان، مرجع سبق ذكره.

(3) Dickinson, T.; Exploring the Sky Day, Camdin House, 1988.

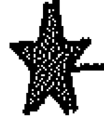


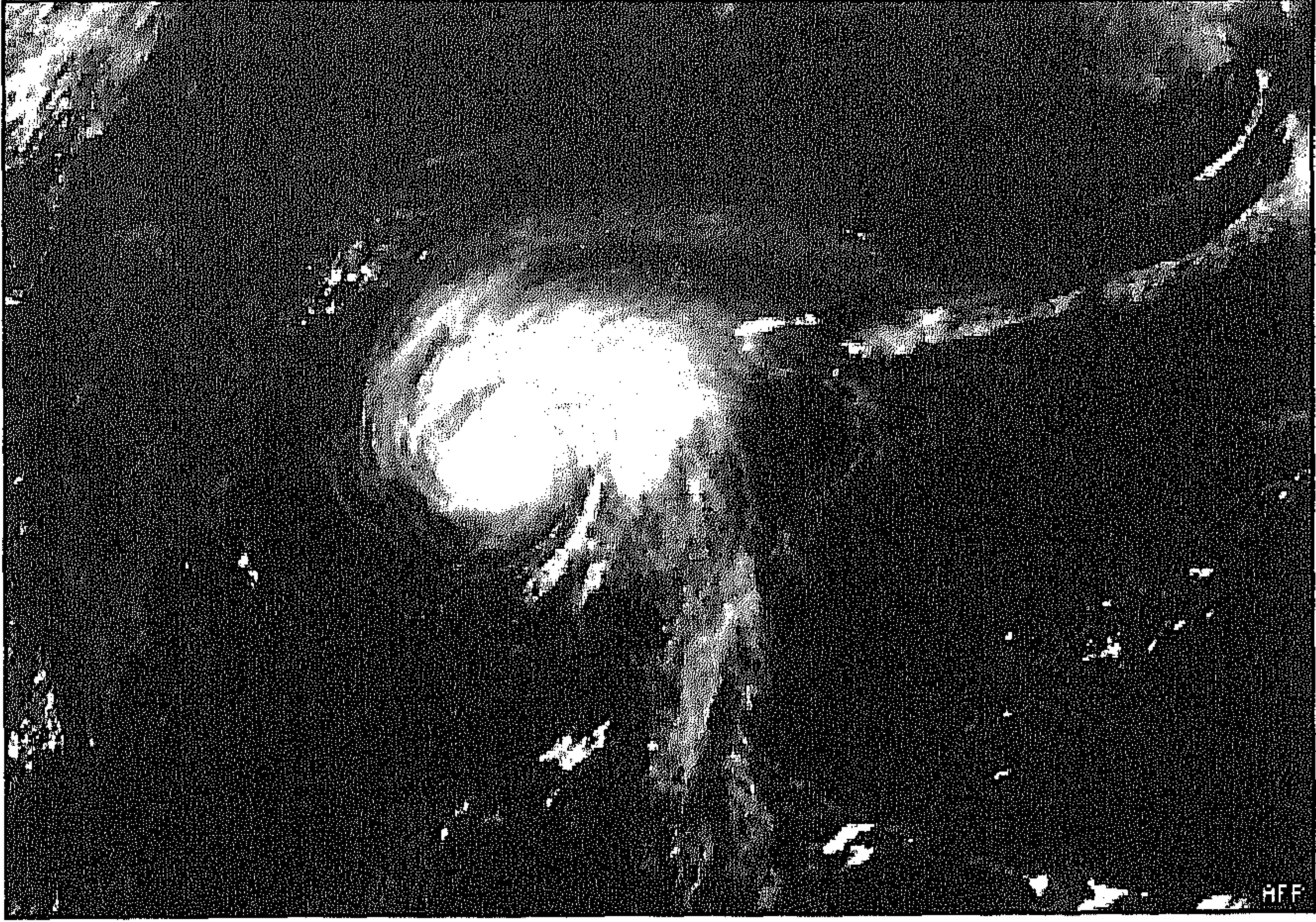
شكل رقم (111- 112): أ- يوضح كيفية نشوء هذا الإعصار المارد الجبار





شكل رقم (112 ب): يوضح رسم توضيحي لاعصار التورنادو بالمنطقة الجنوبية من الولايات المتحدة في ولايه تكساس





شكل رقم (113): يوضح اجتياح إعصار السايكلون الشديد لساحل دولة بنغلادش في يومي 12، 13 من شهر تشرين ثاني عام 1970م

الفصل الثالث عشر

عواصف الرعد والبرق



الفصل الثالث عشر

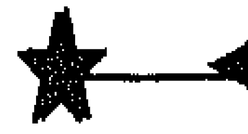
عواصف الرعد والبرق

Thunderstorms

أنواع عواصف الرعد والبرق وأسباب حدوثها.

أسباب حدوث الرعد والبرق.

مراحل تكون عواصف الرعد والبرق.



الفصل الثالث عشر

عواصف الرعد والبرق

Thunderstorms

إن تغير عواصف الرعد والبرق، تعني العواصف التي تتكون بفعل التيارات الهوائية الصاعدة Convectional خلال مدة زمنية قصيرة. وتتخذ عواصف الرعد والبرق مراحل Comulo – Nimbus Clouds ويسقط بسببها المطر الغزير جداً. وقد يسقط خلال العاصفة الرعدية الواحدة نحو ثلث مليون طن من مياه الأمطار، وخلال وقت قصير. وقد يرافق هذه الأمطار سقوط البرد وأحياناً الثلج[1]. وبالتالي ينتشر حدوث عواصف الرعد والبرق في مناطق متفرقة من سطح الأرض، وخاصة في المناطق المدارية الحارة الرطبة التي تتعرض بكثرة للهواء الانقلابي الصاعد الحار الرطب؛ ثم الانخفاض الملحوظ في معدل الانخفاض الرأسي لحرارة الهواء، مع الارتفاع large lapse – rate، على حين لا تحدث هذه الظاهرة المناخية (العواصف الرعدية)، في المناطق التي تتعرض للهواء الهابط والبارد كما هو الحال عند القطبين. وكثيراً ما تحدث عواصف الرعد والبرق، فيما بعد الظهر في العروض المدارية الرطبة.

وحينما تحدث هذه العواصف الرعدية، تنشأ معها سحب المزن الركامي. وعند ظهور هذه السحب الأخيرة الداكنة اللون، تنتشر الغيوم في وقت لا يزيد عادة عن نصف ساعة، ثم يصحو بعدها الجو وتصفو السماء وتهب الرياح الخفيفة.

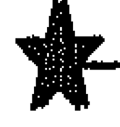
(1) Blair, T. A.; Weather Elements, OP. cit.



أنواع عواصف الرعد والبرق وأسباب حدوثها

ويمكن تمييز عدة أنواع مختلفة من عواصف الرعد والبرق، تبعاً لظروف نشأة كل منها. وتتمثل أهم العوامل التي تؤدي إلى نشأة هذه الظاهرة فيما يلي:

1. تعرض الهواء الملامس لسطح الأرض (خاصة في المناطق القارية العظيمة الاتساع خلال فصل الصيف) للحرارة الشديدة. فيصعد الهواء الانقلابي الساخن الرطب إلى أعلى، مؤدياً إلى حدوث ما يسمى بعواصف الرعد والبرق الحرارية Convectional or Heat Thunder Storms، ويكثر حدوثها غالباً فيما بعد الظهر.
2. تعرض الهواء الملامس لسطح الأرض للحرارة الشديدة، الناجمة عن حدوث الحرائق في الغابات وفي المصانع، وبالتالي صعود الهواء الساخن الرطب إلى أعلى؛ وتكوين ما يسمى بعواصف الرعد والبرق الحرارية الاصطناعية Artificial Heat Thunder Storms.
3. تعرض الهواء الملامس لسطح الأرض للحرارة الناجمة عن نشاطات الانفجارات البركانية المحلية، وهذا يؤدي إلى تكوين عواصف الرعد والبرق المحلية البركانية Volcanic Thunder Storms.
4. تعرض الهواء الساخن الصاعد لكتل هوائية باردة في طبقات الجو العليا. وقد يؤدي ذلك لحدوث عواصف الرعد والبرق الباردة Cold air thunder storms. وتكثر هذه الحالة خلال ليالي الشتاء في المناطق المدارية بنصف الكرة الجنوبي.
5. قد تحدث عواصف الرعد والبرق على طول نطاق الجبهات الباردة النشطة Active cold front في العروض المعتدلة. ويحدث مثل هذا النوع من عواصف الرعد والبرق نهاراً وليلاً، وخلال أي فصل من فصول السنة،



إلا أنها نادرة الحدوث فوق سطح اليابس. وتعرف باسم عواصف الرعد والبرق على أسطح الجبهات Frontal Thunder Storms.

6. وقد تحدث عواصف الرعد والبرق عند صعود الهواء الساخن فوق السفوح الجبلية. وتعرف في هذه الحالة باسم عواصف الرعد والبرق التضاريسية Orographic Thunder storms، وغالباً ما يكثر حدوثها مساءً.

7. كما أنها قد تحدث عند تقابل كتل هوائية مختلفة الخصائص الطبيعية، إذ تعرف باسم عواصف كتل الهواء الرعدية Air Mass Thunder Storms.

وعليه تنتشر عواصف الرعد والبرق فوق معظم أجزاء سطح الأرض، باستثناء المناطق القطبية[1].

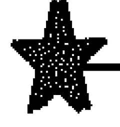
ويمكن إيجاز أشد المناطق تأثراً بهذه الظاهرة المناخية فيما يلي:

1. مناطق العروض المدارية الرطبة، حيث يصل عدد مرات حدوث عواصف الرعد والبرق فوق كل من جمهورية بنما وجزر أندونيسيا أكثر من 200 مرة في العالم.

2. الساحل الشرقي لشبه جزيرة فلوريدا والساحل الجنوبي من الولايات المتحدة الأمريكية. إذ يصل عدد مرات حدوثها نحو 70 عاصفة رعدية في العام. ويتركز حدوث معظمها خلال الفترة الممتدة من حزيران إلى أيلول. (د. حسن أبو العينين، ص 296-300).

3. منطقة جنوب مرتفعات الروكي (الصخرية) ومناطق سانتا في

(1) Riehl, H.; Introduction to the Atmosphere, McGraw-Hill, 1972, PP. 145.



Santa Fe وأواسط المكسيك، حيث يصل عدد مرات حدوثها إلى ما يزيد عن 75 مرة في السنة.

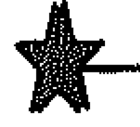
4. منطقة إفريقية الاستوائية وجزيرة مدغشقر، إذ يصل عدد مرات حدوثها لأكثر من 90 مرة بالعام.

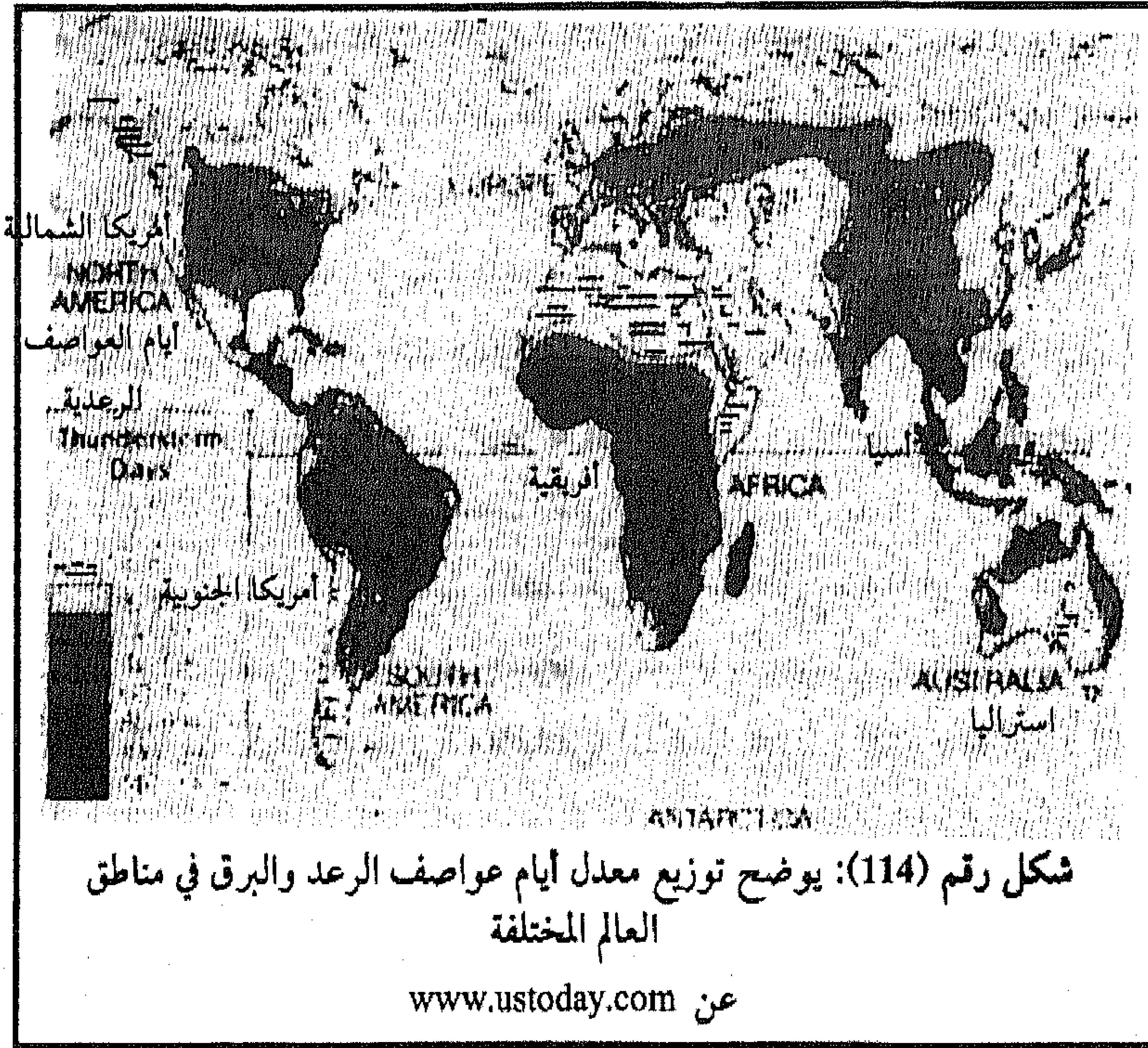
5. منطقة جنوب شرق البرازيل وأراضي كولومبيا، حيث يصل عدد مرات حدوثها إلى نحو 60 مرة في السنة.

ويقدر العلماء عدد عواصف الرعد والبرق بنحو 40 ألف عاصفة في اليوم الواحد بكل أنحاء العالم[1]. ويتضح من خريطة المتوسط السنوي لعدد أيام حدوث عواصف الرعد والبرق في العالم، إن أكثر مناطق حدوثها هي المناطق الاستوائية والمدارية. حيث يتراوح عدد مرات حدوثها من 40 إلى أكثر من 80 مرة في العام. ويقل حدوث عواصف الرعد والبرق في المناطق الباردة، كما أنها لا تظهر إطلاقاً في المناطق القطبية.

قال تعالى: ﴿ وَمِنْ ءَايَـٰتِهِۦ يُرِيكُمُ ٱلْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنَزِّلُ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَيُحْىِۦ بِهِ ٱلْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَآ ۚ إِنَّ فِى ذَٰلِكَ لَـَٔايَـٰتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴾ الآية 24 سورة الروم.

(1) Critchifiled, H. J.; OP cit. PP. II.





شكل رقم (114): يوضح توزيع معدل أيام عواصف الرعد والبرق في مناطق العالم المختلفة

عن www.ustoday.com

ويتفاوت مدى ارتفاع عواصف الرعد والبرق عن سطح الأرض مع اختلاف فصول السنة. إذ تحدث على ارتفاعات عالية خلال فصل الصيف في العروض المدارية عنها أثناء فصل الشتاء. إذ يتراوح متوسط ارتفاعها ما بين 3600-12000 متر فوق سطح البحر. وتتميز قاعدتها بلونها الداكن، وبخط من السحب يعرف باسم خط النوات، ويعرف هذا الخط أيضاً باسم خط نثيج الرياح. وهو عبارة عن خط طويل يتكون من سحب المزن الركامي. ويسبق مجيء الجبهة الهوائية الباردة.

وخط النوات هذا هو الذي يتكون بفعل الهواء الصاعد إلى الأعلى. كما تتميز زخات المطر في عواصف الرعد والبرق بكبر حجمها Large drops of rain. وقد يصاحبها سقوط البرد Hail. إلا أن المشاهد لهذه العاصفة ينبهر بشدة



عند مشاهدته للبرق وسماعه للرعد، وبالتالي يفضل أن نشير إلى أسباب حدوث كل منهما في هذه العاصفة.

أسباب حدوث الرعد والبرق

يعرف البرق Lightning بأنه وميض الضوء Flash of light، الذي ينجم عن عمليات الشحن الكهربائية في الغلاف الجوي. أما الرعد Thunder فهو عبارة عن الصوت الذي يحدث نتيجة للتمدد الفجائي للهواء، بفعل الحرارة الشديدة الفجائية الناجمة عن حدوث البرق، فقد أكدت دراسات الطقس الحديثة على أن سحب المزن الركامي عبارة عن مولد كهربائي ثابت Static Electricity Generator لها القدرة على بناء ملايين من وحدات الجهد الكهربائي (فولت) خلال وقت قصير. فعند انقسام ذرات مياه الأمطار، تكتسب الذرات المنفصلة عن الذرات المائية الأصلية شحنات موجبة، على حين تبقى الذرات المائية بشحناتها السالبة والتي تتساوى في مقدارها مع الشحنات الموجبة.

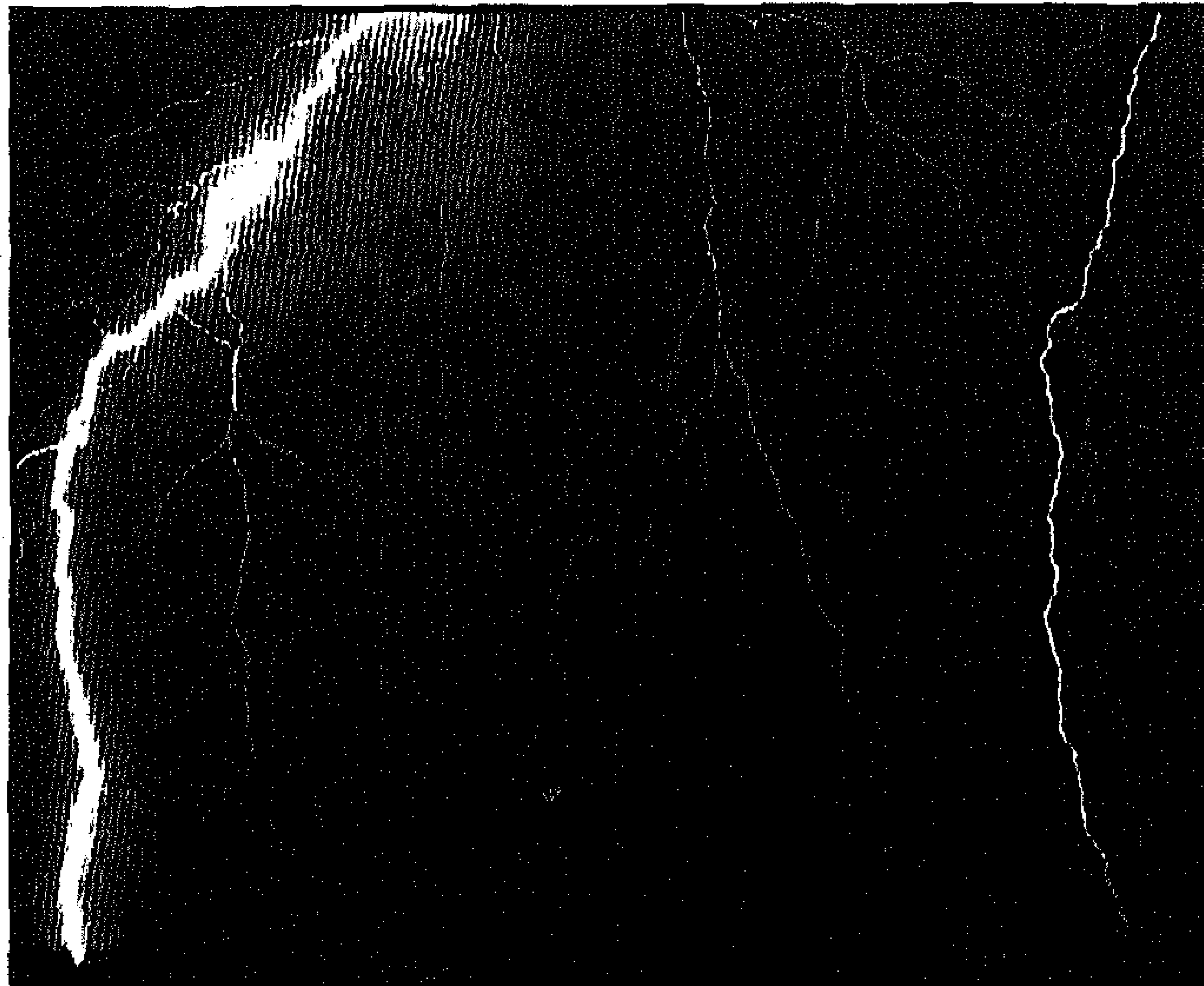
وعليه، تتمثل معظم الشحنات الموجبة في القسم الأسفل من سحب المزن الركامي. بينما في القسم العلوي منها وعند مستوى نقطة الندى، فإن تساقط حبات الثلج يكسب البلورات الثلجية شحنات سالبة. ويشحن الهواء المحيط بها بشحنات سالبة. وعند صعود الهواء الساخن إلى أعلى، فإنه يحمل معه الشحنات الموجبة إلى أعالي سحب المزن الركامي. ونتيجة لاصطدام الشحنات الموجبة مع الهواء الصاعد بالشحنات السالبة والمتمثلة عند أعالي السحابة، يحدث التفريغ الهوائي داخل هذه السحب، فيتكون البرق والرعد[(1)].

أما فيما يتعلق بالبرق فهو عبارة عن شحنات كهربائية مباشرة متوالية، حيث تبلغ المدة الزمنية اللازمة للشحنة الكهربائية الواحدة منها، نحو 2 في

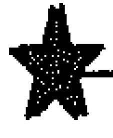
(1) Blair, T. A; OP. cit, 1959, P. 228.



العشرة آلاف من الثانية (0.0002). كما تتراوح شدة تياره من بضعة آلاف إلى نحو 100 ألف أمبير، بينما يصل متوسط الجهد الكهربائي نحو 100 ألف فولت. ويتخذ وميض البرق أشكالاً متعددة. فقد يكون شوكي المظهر Forked أو متعرج الامتداد Zigzag، أو مخططاً أو مقلماً Streak أو صفائحياً Sheet. وقد يكون وميض البرق على شكل كرات ضوئية كبيرة الحجم Ball lighting. ويتضح أن البرق والرعد يحدثان في آن واحد تقريباً، وذلك بفعل التفريغ الكهربائي داخل سحب المزن الركامي. ولكن لما كانت سرعة الضوء تبلغ 300 ألف كم بالثانية، وسرعة الصوت في الهواء 330 متراً بالثانية، وأن سرعة سقوط المطر دون ذلك بكثير، فإن المشاهد لهذا النوع من العواصف يرى البرق أولاً، ثم يسمع الرعد ثانياً، وبعدها بقليل يستقبل هطول المطر. ويحدث الرعد بعد وميض البرق مباشرة، وذلك بفعل التمدد الفجائي للهواء، والذي ارتفعت حرارته بدرجة كبيرة وبصورة فجائية بفعل البرق. ولا يقتصر حدوث التفريغ الكهربائي على داخل سحب المزن الركامي لعواصف الرعد والبرق فقط، بل قد يحدث ذلك أيضاً داخل نطاق السحب المجاورة لهذه العواصف.



شكل رقم (115): يوضح العاصفة الرعدية مع السحب السندانية الركامية مع حدوث البرق.



وعليه، يكون البرق في هذه الحالة خطراً على حياة الإنسان والحيوان، خاصة عند حدوث التفريغ الكهربائي بين الشحنات الموجبة لنقاط الأمطار داخل سحب المزن الركامي، وبين الشحنات السالبة على سطح الأرض. ويحدث في هذه الحالة ما يسمى بالصواعق Strikes وقد تؤدي إلى اشتعال الأشجار وتعرض مساحات واسعة من الغابات للحرائق المدمرة أو صعق الإنسان بالتفريغ الكهربائي[1].

قال تعالى: ﴿ هُوَ ٱلَّذِى يُرِيكُمُ ٱلْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنشِئُ ٱلسَّحَابَ ٱلثِّقَالَ ﴿١٢﴾ وَيُسَبِّحُ ٱلرَّعْدُ بِحَمْدِهِۦ وَٱلْمَلَٰٓئِكَةُ مِنْ خِيفَتِهِۦ وَيُرْسِلُ ٱلصَّوَٰعِقَ فَيُصِيبُ بِهَا مَن يَشَآءُ وَهُمْ يُجَٰدِلُونَ فِى ٱللَّهِ وَهُوَ شَدِيدُ ٱلْمِحَالِ ﴾ الآية [12،13] سورة الرعد.

مراحل تكون عواصف الرعد والبرق

اتفق العلماء على أن عواصف الرعد والبرق تمر بعدة مراحل متتالية حتى يكتمل نمو العاصفة. ويحدث فيها البرق والرعد وتتمثل هذه المراحل فيما يلي:

1. مرحلة بداية نمو العاصفة.
2. مرحلة النضج.
3. مرحلة التشتت Dispersal Stage.

1. مرحلة بداية نمو العاصفة.

وتبدأ هذه المرحلة عندما يتعرض الهواء الرطب الملامس لسطح الأرض للحرارة الشديدة. ويصعد إلى أعلى، وتتكون كتل هوائية دفيئة رطبة، بحيث

(1) احترق المدرب التونسي ابن عزيزة في نادي الهلال بالرياض عام 1979م، أثناء تدريبه لفريق نادي الهلال بالرياض وهو أحد لاعبي الكرة بتونس في دورة الأرجنتين 1978م.

تتراوح درجة حرارة الهواء عند أطرافها السفلية من 60°-70° ف. في حين قد تنخفض درجة حرارة الهواء عند أطرافها العلوية إلى 3 ف. وقد يصل ارتفاع الهواء الساخن الرطب حتى مستوى 25 ألف قدم (7710) أمتار فوق سطح البحر، ثم يؤدي إلى نشوء السحب الركامية Comulus coluds.

2. مرحلة النضج.

مع توالي الهواء الصاعد إلى أعلى، قد يزداد ارتفاع هذه الكتلة الهوائية، وتصل أعاليها لأكثر من 40 ألف قدم (12336) متراً فوق سطح البحر. وفي الوقت الذي تكون درجة حرارة الهواء عند الأطراف السفلى من هذه الكتلة الهوائية العالية تصل إلى ناقص 60 ف؛ وبالتالي يبرد الهواء عند أعالي هذه الكتلة الهوائية إلى ما بين 60°-70° ف تحت الصفر، وبالتالي ستكون درجة حرارة الهواء عند هذه الكتلة هي الأمطار. ولكن نتيجة لاستمرار صعود الهواء الساخن من أسفل إلى أعلى، فإنه يحمل معه شحنات سالبة. في حين تتجمع نقاط الأمطار الكبيرة الحجم بأواسط الكتلة الهوائية (لعدم قدرتها على السقوط تحت تأثير صعود الهواء من أسفل إلى أعلى)، فتشطر هذه النقاط المطرية وتتحمل بشحنات كهربائية موجبة. وينجم عن تصادم الشحنات السالبة بالشحنات الموجبة، حدوث تفريغ هوائي داخل سحب المزن الركامي، فينتج عنه حدوث البرق والرعد ثم سقوط الأمطار الفجائية الغزيرة.

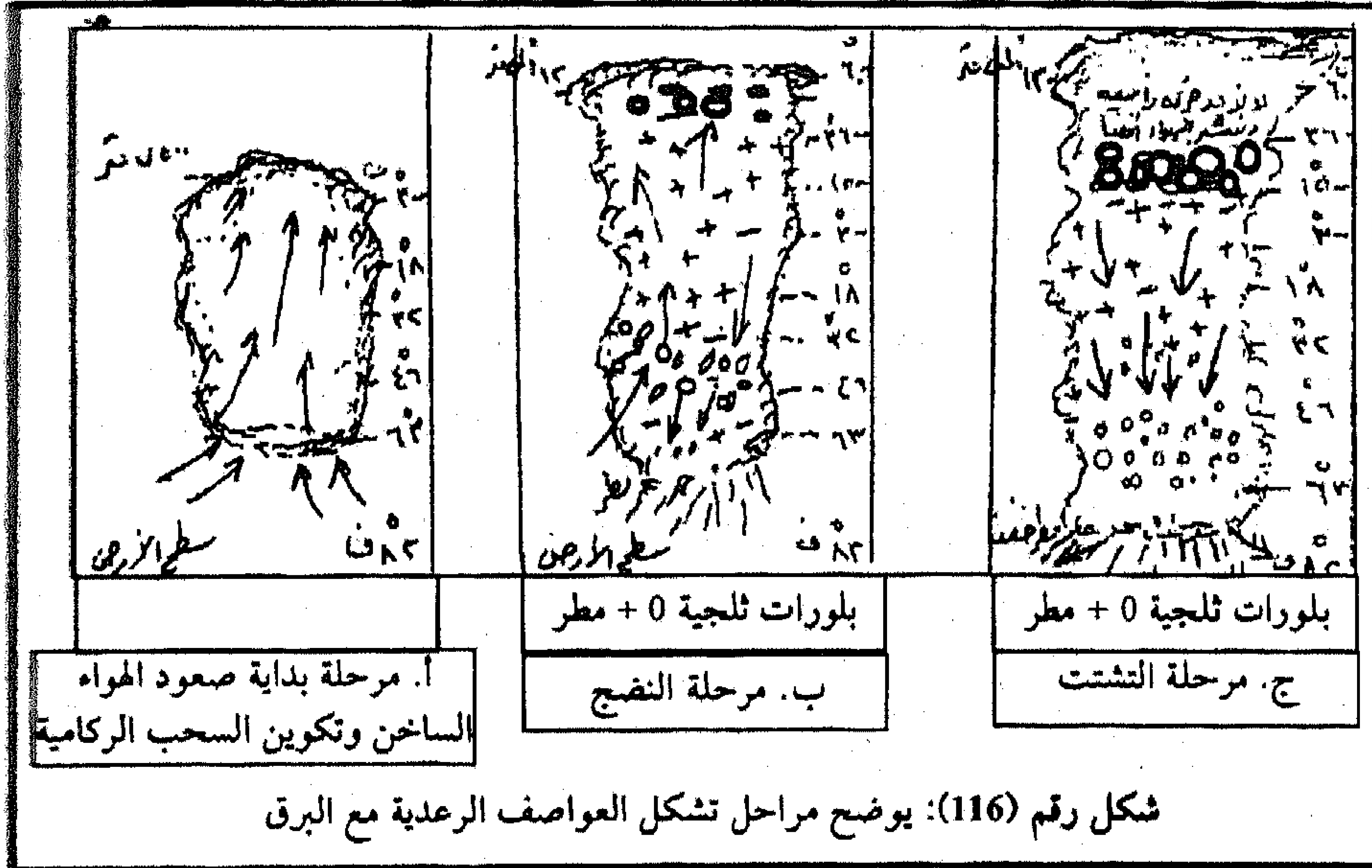
3. مرحلة التشتت Dispersal Stage.

ويتم في هذه المرحلة تراجع صعود بخار الماء إلى الأعلى، ومن ثم يقل هطول المطر ويتوقف بالتالي حدوث البرق والرعد فيصفو الجو بعد ذلك.

قال تعالى: ﴿هُوَ ٱلَّذِى يُرِيكُمُ ٱلْبَرْقَ خَوْفًا وَطَمَعًا وَيُنشِئُ ٱلسَّحَابَ ٱلثِّقَالَ ﴿١٢﴾ وَيُسَبِّحُ ٱلرَّعْدُ بِحَمْدِهِۦ وَٱلْمَلَٰٓئِكَةُ مِنْ خِيفَتِهِۦ وَيُرْسِلُ ٱلصَّوَٰعِقَ فَيُصِيبُ

بِهَا مَن يَشَآءُ وَهُمْ يُجَٰدِلُونَ فِى ٱللَّهِ وَهُوَ شَدِيدُ ٱلْمِحَالِ ﴾ الآيـــة [12، 13] ســـورة الرعد.

وتعتبر العواصف الرعدية من أخطر الظواهر الجوية على الملاحـة الجويـة. وذلك بسبب الحركة الرأسـية العنيفـة للتيـارات. إذ قـد تصـل سـرعة التيـارات الهوائية الصاعدة أحياناً إلى 150 كم في الساعة. وإذا دخلـت الطـائرة في عاصـفة كهذه، فإنها قد تتعرض للتحطيم، وفي تلك الحالة يصعب علـى الطيـار الـتحكم بالطائرة؛ لذلك يجب تفاديها قدر الإمكـان، وتوضـح الأشـكال التاليـة مراحـل نشوء عاصفة الرعد والبرق كما في الشكل التالي:



شكل رقم (116): يوضح مراحل تشكل العواصف الرعدية مع البرق

ومما يزيد من خطورتها سقوط البرد الذي يتراوح حجمه ما بـين سـنتيمتر واحد إلى 12 سنتمتراً مكعباً. ولذلك كان من الأهمية بمكان / إعطاء فكـرة عـن هذا الشكل من أشكال التساقط الذي تتعـرض لـه المنـاطق المعمـورة، سـواءً في العالم بوجه عام، أو في بعض أقطارنا العربية على وجه الخصوص.

البرد The Hail:

حينما تحدث العواصف الرعدية والتي تتكون فيها السحب السندانية الركامية الداكنة، ويسقط البرد على شكل حبات جليدية، يزيد حجمها في بعض الأحيان عن 12 سم[3]. بحيث يصل وزن حبة البرد منها ما بين 500-600 غم. ويلاحظ أن هذا النوع من التساقط، يتشكل خلال طبقات متتالية، داخل السحابة الركامية الداكنة بشكل واضح، مما يشير إلى التكاثف حول النوية الأصلية، لم يحدث في وقت واحد وإنما على فترات متتالية. ويعزى تشكيل هذا النوع من التساقط، إلى نشاط التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة داخل سحب المزن الركامية، ذات الشكل السنداني حيث يقترن وسط البرد مع هذا النوع من السحب.

قال تعالى: ﴿ أَوْ كَصَيِّبٍ مِّنَ ٱلسَّمَآءِ فِيهِ ظُلُمَٰتٌ وَرَعْدٌ وَبَرْقٌ يَجْعَلُونَ أَصَٰبِعَهُمْ فِىٓ ءَاذَانِهِم مِّنَ ٱلصَّوَٰعِقِ حَذَرَ ٱلْمَوْتِ ۚ وَٱللَّهُ مُحِيطٌۢ بِٱلْكَٰفِرِينَ ﴿١٩﴾ يَكَادُ ٱلْبَرْقُ يَخْطَفُ أَبْصَٰرَهُمْ ۖ كُلَّمَآ أَضَآءَ لَهُم مَّشَوْا۟ فِيهِ وَإِذَآ أَظْلَمَ عَلَيْهِمْ قَامُوا۟ ۚ وَلَوْ شَآءَ ٱللَّهُ لَذَهَبَ بِسَمْعِهِمْ وَأَبْصَٰرِهِمْ ۚ إِنَّ ٱللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَىْءٍ قَدِيرٌ ﴾ الآية 19، 20 سورة البقرة.

ويعزى ترافق البرد معها، بسبب أن هذا النوع من السحب يتصف بسمكه الكبير وبغناه ببخار الماء، مع النشاط الكبير للتيارات الهوائية الصاعدة الأمر الذي يؤدي بحبات البرد الصغيرة في البداية إلى هبوطها أولاً لخفتها، ولكنها تعود وترتفع مرة أخرى إلى التيارات الهوائية الصاعدة على رفعه لأعلى السحابة، فتهبط نحو سطح الأرض على شكل زخات قوية تلحق بالمزارع وأحياناً بالأفراد خسائر كبيرة.

وهناك رأي آخر يرى على أن الأرجح هو أن تشكل هذا النوع من أشكال التساقط، يرتبط بتكاثف المزيد من نويات المياه المتجمدة، في الجزء العلوي من السحابة السندانية، حول نويات جليدية متكاثفة، الأمر الذي يؤدي إلى تجمد

نويات المياه الصغيرة في السحابة عند ارتفاعها للأعلى داخلها. فتنمو شيئاً فشيئاً من خلال الاتحاد فيما بينها. فيؤدي إلى تزايد حجم حبة البرد الصغيرة إلى الأحجام المتباينة من حبة الحمص إلى حبة البلح، وأحياناً فحبة البرتقال. كما شوهدت في منطقة القصيم وساحل مدينة الدمام بالسعودية عام 1982.

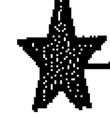
كما يلاحظ أن هذا النوع من التساقط، لا يتشكل في سحابة المزن السندانية، ولكنه يتشكل في أشد البقع اهتياجاً واضطراباً فيها.

ومن أهم الظروف الطقسية التي تقترن بها العواصف البردّية هي:

1. ارتفاع نسبة بخار الماء في طبقات الجو السفلى.
2. أن تتصف حركة الرياح في طبقات الجو العليا بأنها حركة إعصارية، تسهم لحد كبير على تجمع الهواء ثم ارتفاعه إلى الأعلى في شكل تيارات صاعدة.
3. ألا يوجد تباين كبير لسرعة الرياح عند ارتفاعها للأعلى.
4. تطور حالة قوية من عدم الاستقرار الجوي، خاصة إذا تدفق إلى طبقات الجو العليا هواء بارد، ورافقه على سطح الأرض وصول كتلة هوائية دافئة.
5. انخفاض في درجة حرارة الهواء الملاصق لسطح الأرض أولاً.
6. ثم انخفاض درجة الحرارة في طبقات الجو العليا، بحيث تتراوح في الطبقات التي يتشكل فيها البرد ما بين (–10) إلى (–37) درجة مئوية.

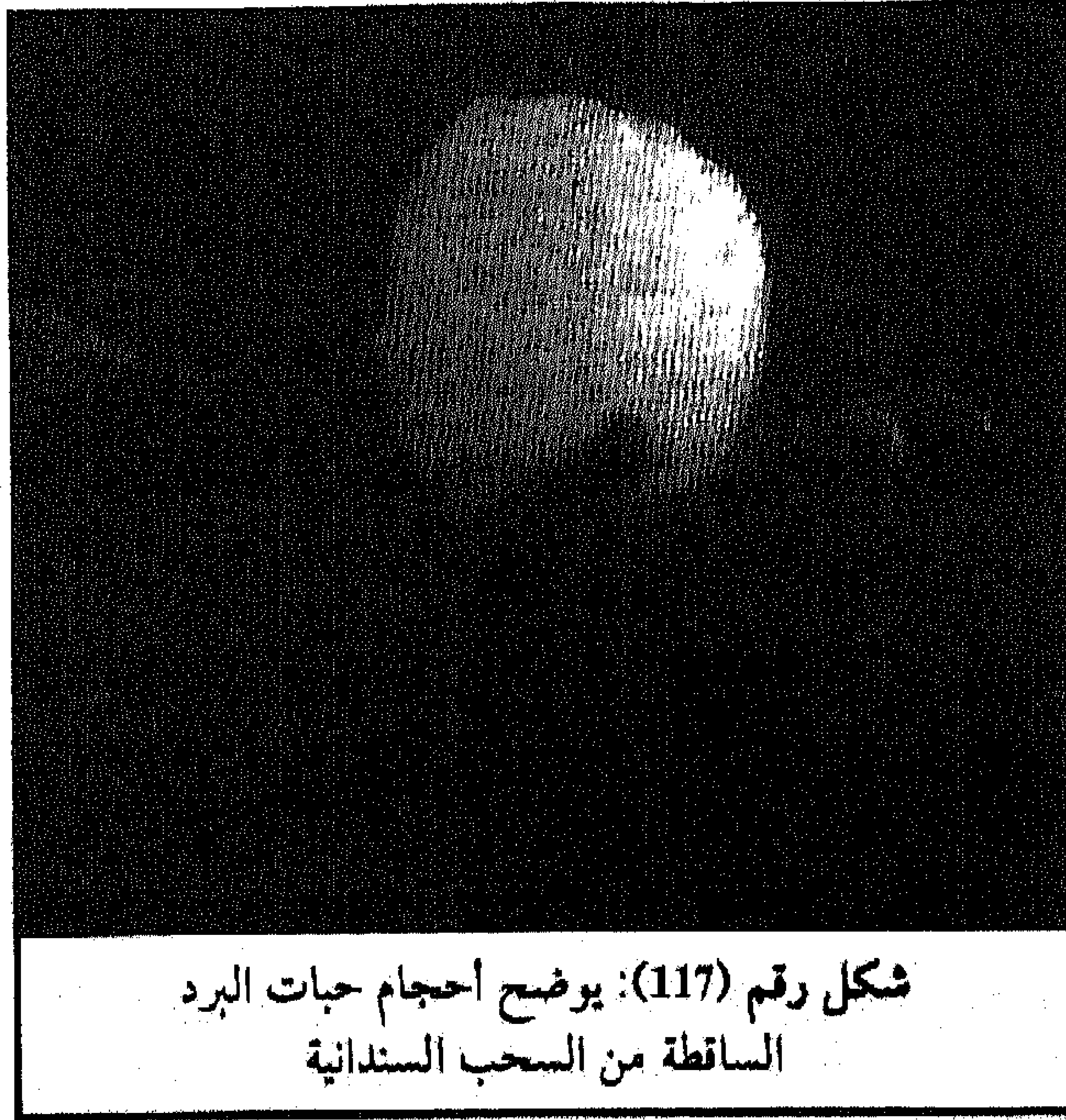
توزيع مناطق البرد في العالم

يحدث هذا النوع من أشكال التساقط في المناطق الاستوائية والمناطق المعتدلة الدفيئة والباردة، أي ما بين دائرتي عرض 10 إلى 50 درجة شمالاً



وجنوباً من سطح الأرض. وتتصف العاصفة البرَديّة بأنها تتشكل على نطاقات صغيرة، حيث يتراوح مسارها ما بين 20 إلى 100 كيلو متر. إلا أنها في الأغلب الأعم لا يتجاوز مسارها الأربعين كيلو متراً. وقد لوحظ أن العواصف البردية هذه تحدث في مناطق معينة أكثر من غيرها. فقط سقط البرد عام 1982 في ساحل مدينة الدمام، ولكنه لم يسقط في مدينة جبيل والإحساء القريبتين منها.

وقد لاحظ كل من الباحثين سمرز Summers وبول Paul, A. H من خلال دراساتهما عام 1970، أن أكثر المناطق تعرضاً لهذه الظاهرة المناخية هي المنطقة الواقعة للشرق من جبال الروكي في الولايات المتحدة الأمريكية على شكل نطاقات شريطية. تمتد لمسافة 120 كيلو متراً حيث يفصل بين الواحد منها والآخر ما بين 56-65 كيلو متراً. قد فسر ذلك الأمر المكاني المنظم لتلك المنطقة، إلى نشوء حركة موجبة منتظمة Wavy Motion في مسار الرياح الغربية نتيجة عبورها لجبال الروكي وانضغاطها.



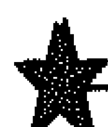
شكل رقم (117): يوضح أحجام حبات البرد الساقطة من السحب السندانية



كما يلاحظ أن احتمالات سقوط البرد تزيد في المناطق الحضرية أكثر من الريف، وفوق المناطق الجرداء والمعبدة، عنها في المناطق الغابية والمزروعة. فأجواء المدن تتميز بكثرة الشوائب المتميعة ونويات التكاثف الجليدي. وقد ثبت من الدراسات الميدانية لهذه الظاهرة المناخية في الأردن، أن مدينة عمان من أعلى الأماكن التي تتعرض لتساقط البرد عليها، لارتفاع نسبة التلوث الغازي فيها عن غيرها من المدن الأردنية، كما بينت الدراسات الميدانية لهذه الظاهرة المناخية، للباحث هاداس .Hadas, A في عام 1967 في فلسطين أن عدد حدوث تساقط البرد فيها سنوياً لا يزيد عن ثمان مرات.وأن المتوسط السنوي لأيام تساقطه لا يزيد عن 4.4 يوم. كما لاحظ الأستاذ ريل .Reil, H أن هناك ارتباطاً قوياً بين عدد أيام البرد في مدينة دنفر Denver بولاية كولورادو، ومعدل تساقط الأمطار فيها عام 1965. كما لاحظ الأستاذ كامل ظاهر في دراساته بالأردن، أن عدد أيام تساقط البرد في المرتفعات الجبلية، يتناسب طردياً مع الارتفاع عن سطح البحر وأن معدل الارتباط بينهما يصل لنحو 87٪ وقد وجد أن نحو 52٪ من أيام تساقط البرد تتركز في الشتاء وخاصة في شهر شباط. حيث غطى نحو 29٪ من مجموع أيام تساقط البرد فيها.

ويتزايد سقوط البرد في الجزء الشرقي من حوض البحر المتوسط، في شهر شباط خاصة. ويقترن سقوط البرد شتاءً بوصول منخفضات وجبهات هوائية باردة، بينما يقترن تساقط البرد في فصلي الربيع والخريف بوجود منخفضات جوية دافئة ذات هواء غير مستقر.

ويتضح من الجدول التالي أن تساقط البرد في مطار اللد في أكثر من 110 حالات من مجموع حالات تساقط البرد قد حدثت خلال الفترة ما بين 1945-1964، وقد تركزت في فصل الشتاء. وكان منها نحو 60٪ من إجمالها قد تركز في شهر شباط وحده.



الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين1	تشرين2	ك2	المجموع
عدد مرات البرد	28	60	20	5	0	0	0	0	0	0	9	22	144
عدد الأيام البردية	16	28	14	4	0	0	0	0	0	0	5	12	79

نستنتج من الجدول أن شهر شباط يحتل الصدارة بين أشهر السنة كلها في عدد مرات سقوط البرد وعدد الأيام البردية[1].

الثلج The Snow:

يعتبر الثلج شكلاً آخر من أشكال التساقط Precipitation، حيث يتكون في بعض السحب الطبقية المتوسطة، أو ما تدعى بالمزن الركامي، حينما تنخفض حرارتها لما دون درجة التجمد. ويتشكل الثلج بوجه عام، نتيجة لتكاثف جزء من بخار الماء الموجود في تلك الغيوم، متخذاً شكل بلورات جليدية رقيقة، تنمو من خلال الاتحاد فيما بينها. وتتكاثف عليها بعض نويات المياه الباردة، حتى يتحول إلى شرائح ثلجية رقيقة كأهداب الريش، بحيث يتراوح قطرها ما بين 1.5-2.5سم. ويشترط عند تساقطها انخفاض درجة الحرارة لما دون 4 درجات مئوية تحت الصفر.

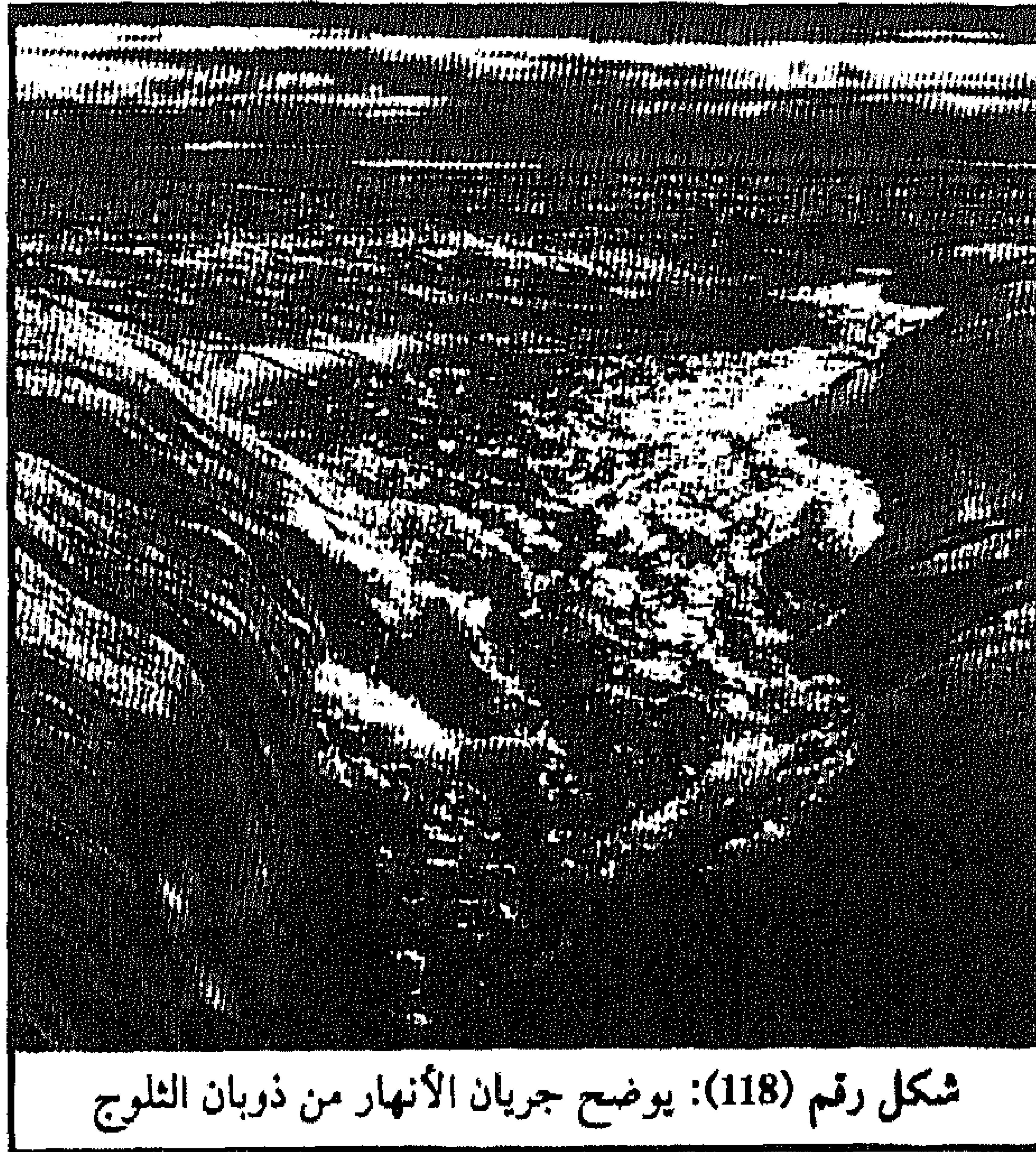
وكلما كانت درجة الحرارة أكثر هبوطاً، كلما ازداد احتمال تساقط الثلوج في المكان. ولذلك نجد أن العواصف الثلجية التي تحدث في المناطق المعتدلة، تقترن دائماً بوصول جبهات هوائية شديدة البرودة.

أما فيما يتعلق بالتوزيع الجغرافي للثلوج في العالم فنجد أن نحو 98٪ من إجمالي تساقطها يحدث فيما بين دائرتي عرض 10-50 درجة شمالاً وجنوباً

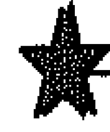
(1) كامل ظاهر، البرد في منطقة المرتفعات الجبلية في الأردن، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافية، الجامعة الأردنية، عمان، 1993م.

لاسيما في المناطق التي يزيد ارتفاعها عن 3500 متر. ولذلك نجد أنه كلما ابتعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً؛ كلما ازدادت نسبة تساقطه. ولكنه نادر الحدوث في المناطق المدارية الجافة إلا كل عدة سنوات أو عدة عقود.

أما فيما يتعلق بخط الثلج الدائم، فهناك علاقة طردية قوية بين تزايد الارتفاع وتزايد سقوط الثلج. ويعرف الخط الذي يبقى عنده الثلج موجوداً طيلة العام بخط الثلج الدائم. وهو يتفاوت من مكان لآخر. حسب اتجاه السفوح الجبلية لأشعة الشمس ودرجة العرض ومواجهة الرياح وغزارة الأمطار، وتوزيعها الفصلي. فبينما نجد ارتفاع خط الثلج الدائم، في جبل كليمنجارو على ارتفاع 5000 متر، والواقع على خط الاستواء في إفريقيا، نجده يهبط لنحو 500 متر فيما بين دائرتي عرض 70-80 درجة شمالاً؛ وعند دائرة عرض 90 درجة شمالاً يصبح على مستوى سطح البحر.



شكل رقم (118): يوضح جريان الأنهار من ذوبان الثلوج



لكن ما هي آثار الثلج الإيجابية والسلبية؟

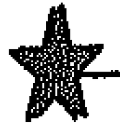
لهذا الشكل من أشكال التساقط نواحي إيجابية من أهمها ما يلي:

أ. تعتبر الثلوج مصدراً رئيساً لمنابع الأنهار، في المناطق المعتدلة الباردة والدفيئة. فأكثر من نصف التصريف النهري في الجزء الغربي من الولايات المتحدة، يأتي من خلال ذوبان الثلوج فوق جبال الروكي، وكذلك الاتحاد الروسي.

ب. كما أنها تعتبر مصدراً رئيساً لرطوبة التربة، كسهول البراري الكندية والأمريكية التي تستقبل تساقط الثلوج، بكميات كبيرة كل عام. وعلى هذه الرطوبة الناجمة عن الثلوج يتوقف نجاح زراعة القمح الشتوي والربيعي، والذرة والبقوليات في تلك السهول الشاسعة، التي تقل فيها كمية الأمطار خاصة السهول العليا الواقعة عند مقدمة جبال الروكي لأقل من 50 سم.

ج. كما يشكل الثلج غطاءً واقياً للتربة من التجمد، حيث يمنع الإشعاع الأرضي من الهروب إلى الجو، ويبقيه قريباً جداً من التربة، خاصة إذا وصل سمكه لنحو 250 مليمتراً كحد أدنى. أما إذا قل عن ذلك، فإن تأثيره يكون هامشي الفعالية.

د. كما يساهم تساقط الثلوج في بعض المناطق كجبل الشيخ في جنوب لبنان على تطوير وانتعاش الحركة السياحية باستخدام التزحلق على الجليد، وغيرها من فنون الرياضة الشتوية في جبال الألب بسويسرا، حيث يقدر عدد المنتجعات الشتوية القائمة على الثلج في الولايات المتحدة بنحو 1200 منتجع، منها منتجع Snow Mass في أسبين Aspen بولاية كلورادو، ومنتجع جاكسون Jackson في ولاية ويومنج



وسان مورتيز Mortise في سويسرا وغيرها من العديد لمثل تلك المنتجعات المنتشرة في العالم.

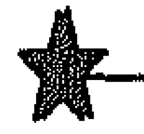


شكل رقم (119): يوضح التزحلق على الجليد في أحد المنتجعات العالمية

أما أهم آثاره السلبية فتتمثل فيما يلي:

ما من شك في أن لهذا الشكل من التساقط، تأثيراً سلبياً على المنشآت الحضارية، كالطرق والمساكن والجسور الصناعية، والزراعة والثروة الحيوانية وحتى الأفراد وغيرها. وتصل هذه النتائج السلبية للثلوج إلى قمتها في المناطق التي يندر سقوطه فيها. أما المناطق التي تتعرض لتساقطه بصفة اعتيادية، فإن الاحتياطات التي تتخذ فيها دائماً، تقلل لحد كبير من الآثار السلبية الناجمة عنه.

وبوجه عام نجد أن تراكم الثلوج في ضواحي المدينة يزداد بثلاثة أمثال عما



يسقط في مركزها، كما يحدث في مدينة لوند Lund السويدية. وقد لاحظنا هذا التباين في تراكم الثلوج التي سقطت على الأردن في شتاء عام 1992، فبينما وصل تراكمها في شارع مطار الملكة علياء لنحو متر ونصف في 14/ 3/ 1992 كان وسط المدينة لا يتجاوز سمكه على أبعد تقدير عدة سنتيمترات[1].

ونتيجة لتعرض الأرض عام 1992، إلى عدد كبير من العواصف الثلجية يفوق المعدل العام، التي تتعرض له البلاد سنوياً، فقد بلغ عدد تلك العواصف نحو سبع عواصف متتالية.

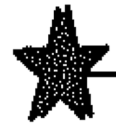
وغطت الثلوج كل الأراضي التي يزيد ارتفاعها عن 600 متر فوق سطح البحر. منها كان أربع ثلجات قوية في شهر شباط وحده. وزاد عدد أيام التساقط الثلجي خلاله عن 11 يوماً[2]. ويعزى سبب ذلك إلى تشكل مرتفع جوي حاجز Blocking Anti Cyclone فوق الحوض الغربي للحوض المتوسط مما أدى لتشكيل الكتل القطبية الباردة والقادمة من منطقة سيبيريا،وشمال أوروبا نحو منطقة البحر الأدرياتيكي، وبحر إيجه في الساحل الشمالي للبحر المتوسط. وفي تلك المنطقة تتشكل المنخفضات الجوية التي تصل إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط؛ بالإضافة إلى تركز حوض علوي بارد Upper Trough، في طبقات الجو العليا، خلال حدوث تلك العواصف، الأمر الذي أدى لتهيئة الظروف الجوية لحدوث عدد كبير من المخفضات الجوية، التي زاد عددها في الحوض الشرقي للبحر المتوسط عن 25 منخفضاً جوياً.

وقد ساهمت تلك الظروف الطقسية، على تكون منخفضات جوية عميقة

---

(1) د. علي احميدان، مشاهدات واقعية لحالة الثلوج التي تعرض لها الأردن عام 1992 بسبع ثلجات متتالية.

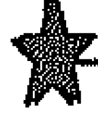
(2) دائرة الأرصاد الجوية في مطار عمان في ماركا، 1992م.



وذات جبهات متعددة، رافقت تلك العواصف الثلجية على سوريا والأردن وفلسطين. وقدرت كمية المياه الناجمة عن تلك العواصف الثلجية السبع، بما مقداره 30 مليار متر مكعب فوق الأراضي الأردنية. وقد تم حجز ما مقداره من هذه الكمية الهائلة بنحو 400 مليون متر مكعب فقط!! في السدود المقامة كسد الملك طلال وسد واد العرب، وسد واد اليابس وسد وادي شعيب وغيرها. علماً بأنه لو كانت السدود الكبرى قائمة كسد الوحدة (450 مليون متر مكعب) وسد وادي الوالة (50 مليون متر مكعب) وسد وادي الحسا (60 مليون متر مكعب) ووادي الكفرين (55 مليون متر مكعب)، لما تعرض الأردن عام 1999، لجفاف حاد لم يتعرض له خلال القرن العشرين الماضي على الإطلاق. ولكن سوء التخطيط الإقليمي والإداري يؤدي لمثل هذه النتائج السلبية، للمياه الناجمة عن هذه العواصف الثلجية والتي تذهب هدراً دون الفائدة المرجوة من تساقطها، وقت الحاجة. أما فيما يتعلق بسرعة الرياح المرافقة لتلك العواصف في الأردن حينذاك، فقد وصلت لنحو 130 كيلو متراً في الساعة. كما تدنت درجة الحرارة لما دون 8 درجات مئوية تحت الصفر؛ بالرغم من أنها قد انخفضت في بعض أنحاء المملكة كمدينة أبو نصير السكنية لنحو 18 درجة مئوية تحت الصفر؛ وتكررت حالات الصقيع في الأردن حيث أدت إلى تفجر أنابيب مياه السخانات الشمسية، بحيث شاهدنا أكواع الأنابيب للسخانات الشمسية والخزانات المائية، تتفجر كقطع الجبن،ولكن الأهالي قاموا بحمايتها بقطع من الخيش والقطن لتفادي تفجرها من جديد[1].

وقد نجم عنها تدمير المنتجات الزراعية في الأغوار، وخسائر بشرية في الأرواح وانزلاقات أرضية عديدة، بجانب انجراف التربة من مناطق واسعة،

(1) د. علي احميدان، مشاهدة الباحث في مدينة أبو نصير السكنية عام 1992م.



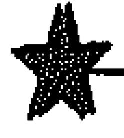
وتدمير الطرق وموت أعداد كبيرة من المواشي وتحطيم البيوت البلاستيكية في الأغوار؛ بالإضافة إلى تعطيل المدارس والكليات وحدوث انهيارات في جوانب الطرق الوعرة كطريق الكرك- البحر الميت وغيرها من الخسائر الناجمة عن تلك العواصف الثلجية.



شكل رقم (120): يوضح الانهيارات الثلجية على أحد السفوح الجبلية في سويسرا ,

الفصل الرابع عشر

العوامل المؤثرة في المناخ



الفصل الرابع عشر

العوامل المؤثرة في المناخ

موقع المكان بالنسبة لدوائر العرض.

تأثير التضاريس المحلية من حيث الارتفاع أو الانخفاض.

تأثير توزيع اليابس والماء على المكان.

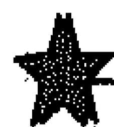
تأثير التيارات البحرية على المكان.

تأثير مناطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على المكان.

تأثير اتجاه هبوب الرياح الدائمة أو المحلية على المكان.

تأثير الغطاء النباتي على المكان.

تأثير الكتل الهوائية على مناخ المكان.



الفصل الرابع عشر

العوامل المؤثرة في المناخ

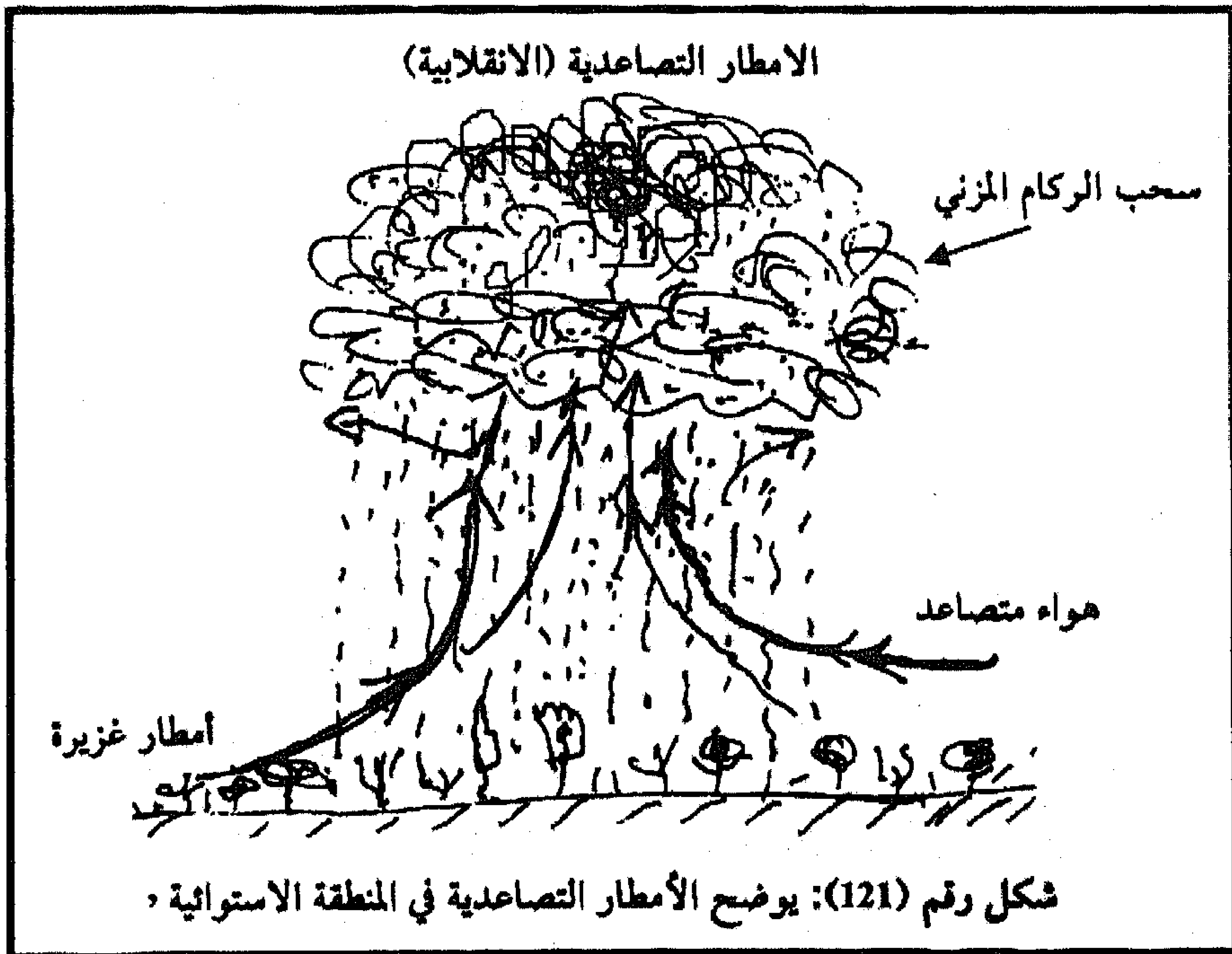
من أهم العوامل التي تؤثر على المناخ هي:

1. موقع المكان بالنسبة لدوائر العرض.
2. تأثير التضاريس المحلية من حيث الارتفاع أو الانخفاض.
3. تأثير توزيع اليابس والماء على المكان
4. تأثير مناطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على المكان
5. تأثير اتجاه هبوب الرياح الدائمة أو المحلية على المكان
6. تأثير الغطاء النباتي على المكان
7. تأثير الكتل الهوائية على مناخ المكان

موقع المكان بالنسبة لدوائر العرض

فكلما كان المكان قريباً من دائرة خط الاستواء كلما ارتفعت درجة حرارته، وكلما ابتعد عنها قلت درجة حرارته. ويعزى سبب ذلك إلى أن المناطق الاستوائية أكثر من غيرها تعرضاً لأشعة الشمس العمودية، ويزداد ميل الأشعة كلما اقتربنا من منطقة القطبين الشمالي والجنوبي. والسبب في ذلك أن الأشعة المائلة مصحوبة بدرجات حرارة منخفضة. فالأشعة الشمسية حينما تسقط عمودية على سطح الأرض، فإنها تغطي مساحة أقل مما تشغله الأشعة المائلة، فيكون بذلك نصيب كل بقعة في المساحة الأولى من الحرارة كبيراً، بينما يكون نصيب أي بقعة في المساحة الثانية أقل. كما أن الأشعة العمودية حينما تخترق الغلاف الجوي، فإنها تمر في طبقة من الهواء أقل سمكاً مما تمر فيه الأشعة المائلة.

وكذلك فإن فقدان الأرض لحرارتها نتيجة للإشعاع الأرضي، فإنها تتأثر بدائرة العرض، حيث أن الحرارة الفعلية للأرض هي خلاصة الفرق بين ما تكسبه الأرض عن طريق الإشعاع الشمسي، وما تفقده من خلال الإشعاع الأرضي. ولذلك، يلاحظ أن المنطقة المحصورة بين دائرة خط الاستواء ودائرة 35° شمالاً وجنوباً، تمثل منطقة وفر حراري سنوي × (فائض سنوي في درجة الحرارة) التي تكتسبها الأرض بفعل الإشعاع الشمسي. أما المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض 35 إلى 90 شمالاً وجنوباً فتمثل منطقة عجز حراري سنوي بفعل الإشعاع الأرضي المفقود. كما تتركز الأمطار التصاعدية في المنطقة الاستوائية ذات الوفر الحراري بين دائرتي عرض 5 درجات شمالاً وجنوباً.



شكل رقم (121): يوضح الأمطار التصاعدية في المنطقة الاستوائية

تأثير التضاريس المحلية من حيث الارتفاع أو الانخفاض

ما من شك أن لهذا العامل دوراً كبيراً على مناخ المكان، من حيث درجات

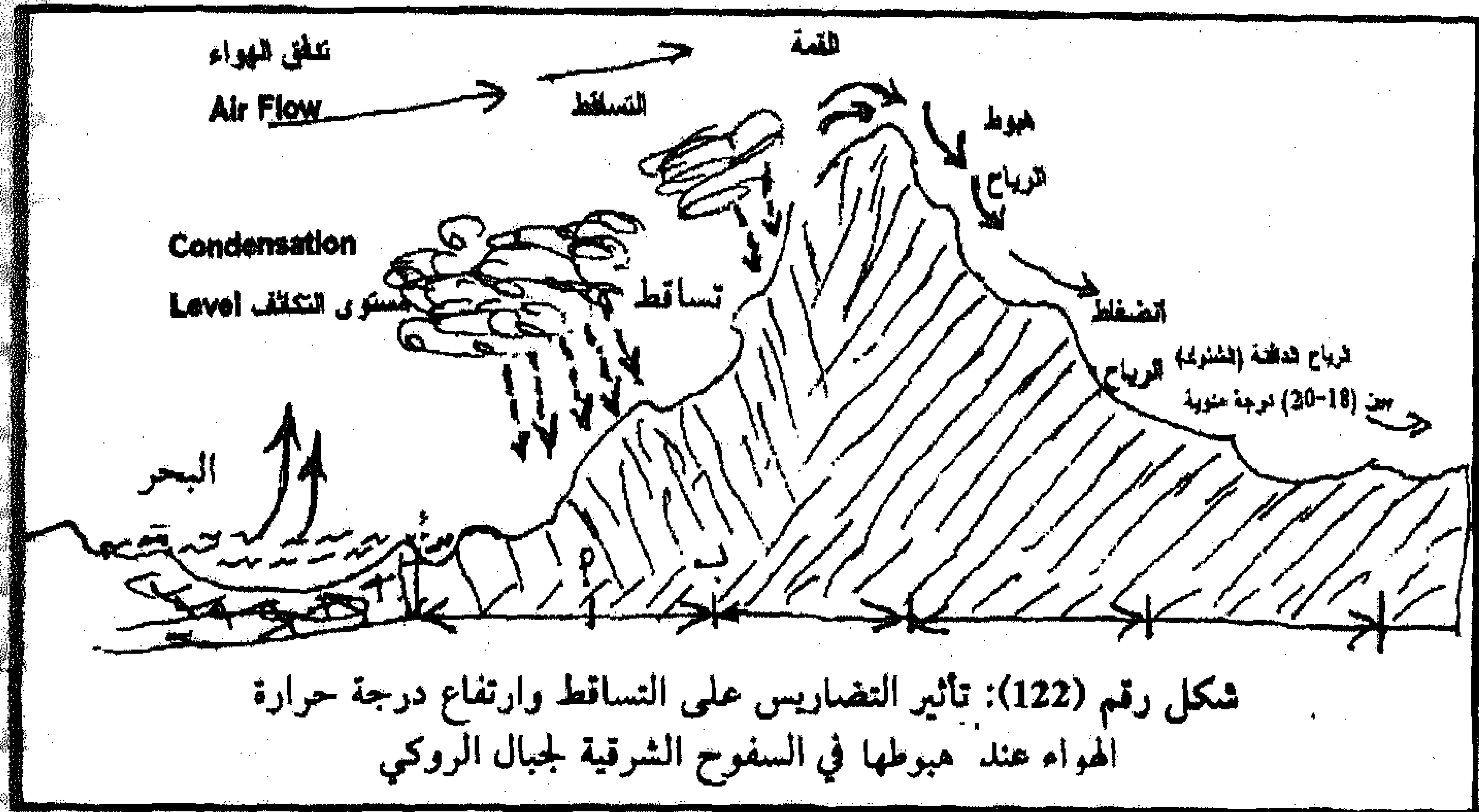
الحرارة والضغط الجوي، ومن حيث التكاثف والتساقط والرياح. ومن المعروف أن سطح القارات كثير التضاريس، فيه المرتفعات والمنخفضات، بينما يكون سطح مياه البحار والمحيطات جميعاً على مستوى واحد. ولذلك يقدر ارتفاع أي مكان بالنسبة إلى سطح البحر. فمثلاً يقال إن ارتفاع مدينة القدس هو 776 متراً فوق سطح البحر. ومن البديهي أنه كلما ارتفع المرء عن سطح البحر تقل درجة الحرارة، حتى أنه يلاحظ أن الثلوج تتوج قمم الجبال العالمية في هضبة البحيرات، مثل جبل كينيا وجبل كليمنجارو الواقعين في الدائرة الاستوائية مثلاً. كما أن الأوروبيين الذين وصلوا إلى قارة أمريكا الجنوبية في فنزويلا وكولومبيا والبرازيل، سكنوا المرتفعات هرباً من الحرارة والرطوبة في الأراضي السهلية.

ومن المعروف أنه كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر، بمقدار 150 متراً؛ كلما انخفضت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة. فمدينة كيتو عاصمة الإكوادور واقعة على ارتفاع نحو 2850 متراً فوق سطح البحر، ودرجة حرارتها 54 ف في المتوسط سنوياً، وهي على خط الاستواء، بينما تصل في مدينة مناؤس إلى ما يزيد عن 65° ف في المتوسط سنوياً، حيث أن الثانية تقع في المنطقة المنخفضة الاستوائية قرب مصب الأمازون على ارتفاع 43 متراً فوق سطح البحر. كما أن مدينة نيودلهي عاصمة الهند تقع على ارتفاع 70 قدماً فوق سطح البحر، وتصل درجة الحرارة فيها لأكثر من 90° ف، بينما مدينة سملا المصيف الرئيس لمدينة نيودلهي والواقعة على ارتفاع 2153 متراً تصل درجة الحرارة فيها لنحو 67 ف. وإذا كانت درجة الحرارة تصل في مدينة القدس الواقعة على ارتفاع 776 متراً لنحو 61 ف في المتوسط، فإنها تصل في مدينة أريحا الواقعة على ارتفاع 300 متر تحت سطح البحر، لنحو 74 ف في المتوسط سنوياً. ويعزى سبب انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع إلى الأسباب التالية:

أ. إن الهواء في طبقات الجو العليا، يكاد يخلو من بخار الماء، مما يساهم في

تسرب الحرارة المشعة من سطح الأرض بسهولة. أما في الطبقات السفلى، فيعمل بخار الماء وذرات الغبار على حفظ الحرارة وعدم فقدانها بسهولة.

ب. إن الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية، يسمح لأشعة الشمس بالنفاذ فيه بسهولة، دون أن يسخن كثيراً بسببها مباشرة. بل تسري الأشعة الحرارية إلى سطح الأرض فتسخنه، فإذا سخن السطح سرت الحرارة منه، إلى الطبقة الهوائية الملامسة لهذه الطبقة إلى الطبقة التي تليها وهكذا. فالطبقة الهوائية السفلى تكون نتيجة لذلك أشد حرارة من التي فوقها؛ لأنها أقرب إلى مصدر الحرارة المشعة وهو سطح الأرض. ولذلك تنخفض الحرارة كلما ارتفعنا عن سطح البحر. كما يؤثر ارتفاع التضاريس على تسخين الرياح الرطبة تسخيناً ذاتياً عند هبوطها من قمم الجبال العالية إلى الأراضي السهلية كرياح الشنوك التي تنزلق على سفوح جبال الروكي الشرقية إلى سهول البراري حيث ترتفع درجة حرارتها ما بين (18-20)م.



شكل رقم (122): تأثير التضاريس على التساقط وارتفاع درجة حرارة الهواء عند هبوطها في السفوح الشرقية لجبال الروكي

كما أن لعامل الارتفاع تأثيراً على الضغط الجوي. فكلما زاد الارتفاع عن سطح البحر، نقص عمود الهواء، وتناقصت كذلك نسب الغازات الثقيلة

الموجودة به؛ وأهمها الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون. ونتيجة لكل ذلك، يتناسب الضغط الجوي تناسباً عكسياً مع الارتفاع عن مستوى السطح.وليس هناك معدل ثابت لهذا التناقص، لأنه يتأثر بعوامل عدة من أهمها؛ رطوبة الهواء ودرجة الحرارة وكثافته. وبالرغم من ذلك، فقد أمكن حساب معدلات تقريبية له. حيث أشارت الدراسات إلى أن الضغط يتناقص بمعدل 10 ملليبارات كلما زاد الارتفاع مائة متر. والجدول التالي يوضح هذه الظاهرة:

مستوى سطح البحر	←	1013.4 ملليبار
16000 متر	←	101.34 ملليبار
31000 متر	←	10.134 ملليبار
48000 متر	←	1.0134 ملليبار[1]

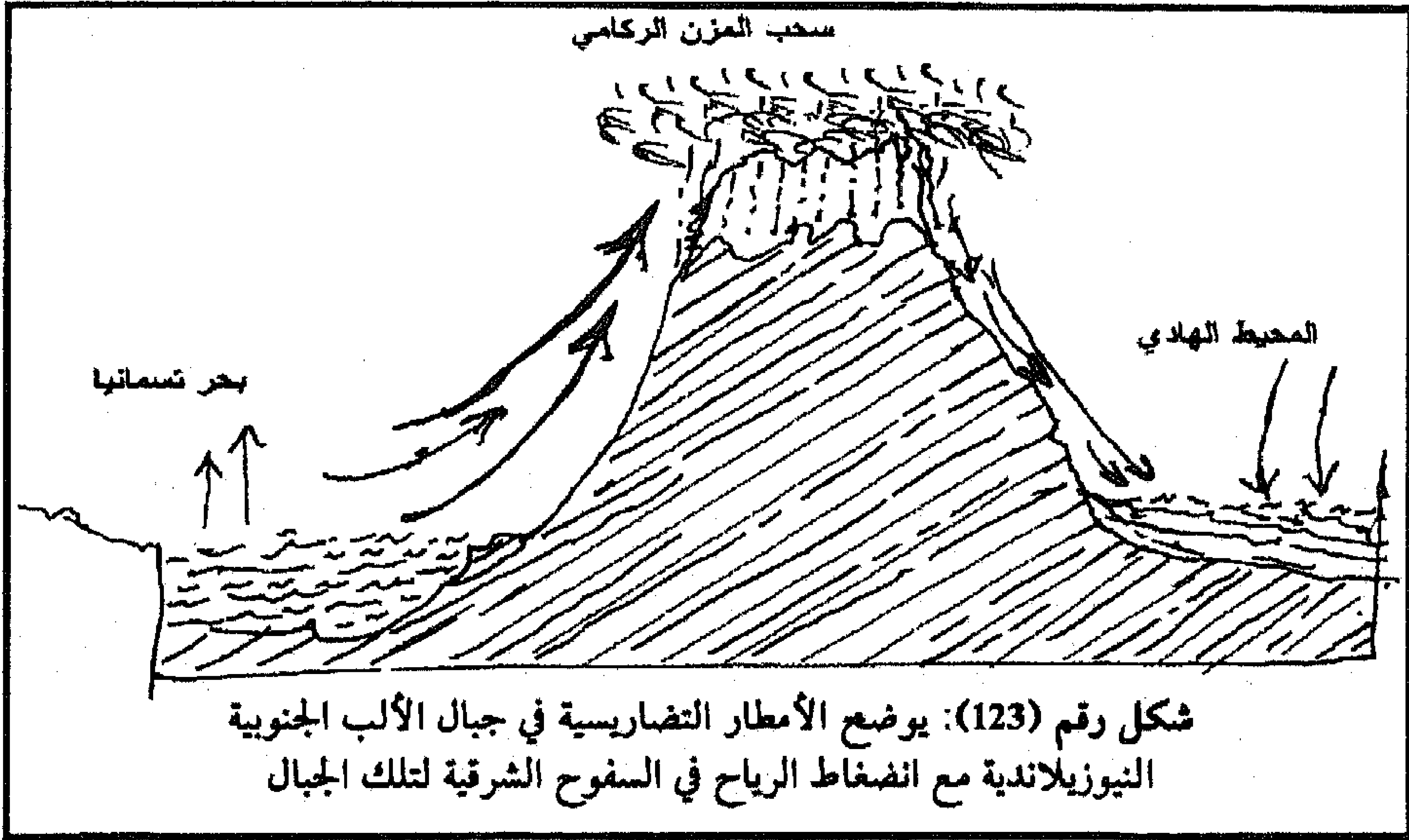
ولهذا السبب ينخفض الضغط الجوي عند ارتفاع 31 كم إلى نحو 10.131 ملليبار، وعند ارتفاع 48 كم يصبح وزن عمود الهواء 1.0134 ملليبار. حيث يتخلخل الهواء حتى نصل لمنطقة يستحيل فيها الحياة البشرية، كما هو الحال في الجهات التي تعلو عن خمسة آلاف متر فوق سطح البحر حيث ينخفض الضغط الجوي بمعدل بوصة أو 34 ملليبار لكل 1000 قدم.

أ. تأثير ارتفاع التضاريس في اتجاه الرياح

ويظهر تأثير ارتفاع التضاريس على اتجاه هبوب الرياح، في جبال الهملايا التي تمتد من الشرق إلى الغرب شمال شبه القارة الهندية. فتحمي الهند من وصول الرياح القطبية الباردة من المناطق القطبية الواقعة للشمال منها، وتركز تأثير الرياح الموسمية على سفوح الهملايا الجنوبية، والفرق واضح وجلي بين

(1) د. علي احميدان، المدخل إلى الجغرافية الطبيعية والبشرية، المرجع نفسه، 2005م.

امتداد جبال الروكي من الشمال إلى الجنوب، الأمر الذي يؤدي لوصول الرياح القطبية الباردة والجافة، عبر سهول أمريكا الشمالية، حتى خليج المكسيك في فصل الشتاء، مما يجعل جبال الروكي لا تمثل حاجزاً طبيعياً لحماية المناطق الوسطى والجنوبية بأمريكا الشمالية كما هو الحال في جبال الهملايا في شمال شبه القارة الهندية.



شكل رقم (123): يوضح الأمطار التضاريسية في جبال الألب الجنوبية النيوزيلاندية مع انضغاط الرياح في السفوح الشرقية لتلك الجبال

وما يقال عن تأثير امتداد الجبال واتجاهها على الرياح، يندرج أيضاً على جبال الألب في القارة الأوروبية، التي تمتد من الغرب إلى الشرق، وتحمي المناطق الواقعة للجنوب منها من الرياح القطبية الباردة، فيما عدا بعض المنافذ التي تتسرب منها، تلك الرياح، مثل رياح المسترال والبورا اللتان تهبان على وادي الرون وساحل بحر الأدرياتيك على التوالي.

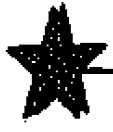
كما أن لجبال الألب تأثيراً آخر، هو توفير الدفء على سفوحها الجنوبية، إذا ما قورن ذلك بسفوحها الشمالية، وذلك لمواجهة سفوحها الجنوبية لأشعة

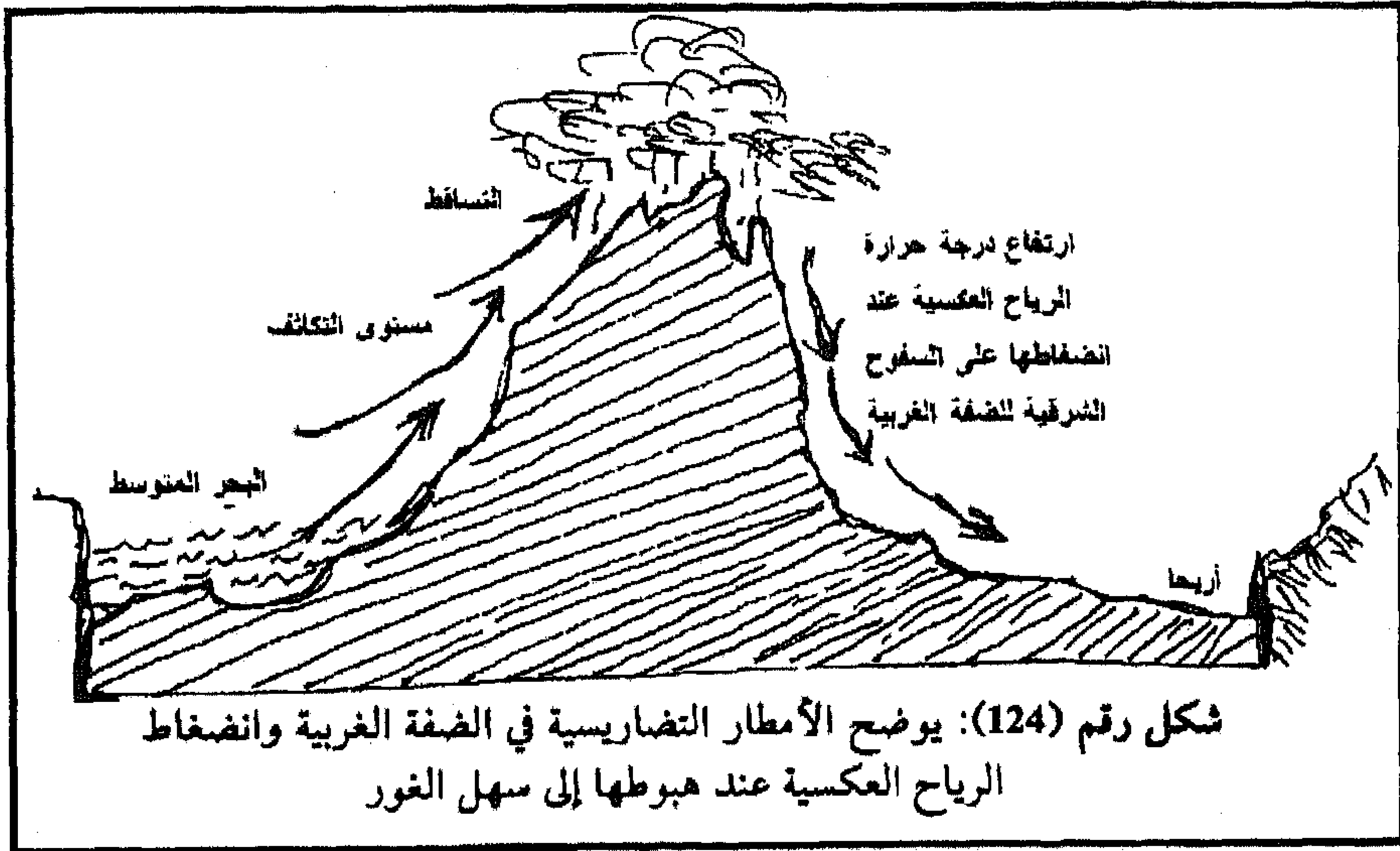
الشمس مع هبوط الرياح الدافئة بعد انضغاطها نحوها، مما جعلها أكثر دفئاً، بل أصبحت مشاتي مثل مشتى الريفيرا الشهيرة في مدن نيس وموناكو ومرسيليا وما يقال عن جبال الألب السويسرية يندرج على جبال الألب النيوزيلندية...

ب. تأثير الارتفاع على كمية التساقط

من الملاحظ أن المناطق المرتفعة بوجه عام، أغزر مطراً من المناطق المنخفضة؛ لدرجة أنه يقال إن خريطة توزيع التضاريس في شبه القارة الهندية، تتطابق مع خريطة توزيع الأمطار لحد كبير. فالرياح الموسمية على السفوح الغربية لجبال الغات، بكميات أغزر من سفوحها الشرقية، لأنها واقعة في ظل المطر. كما تقل الأمطار على هضبة الدكن، ولكنها تعود للغزارة بكميات أكبر على سفوح جبال الهملايا الجنوبية. حيث سجلت في محطة شيرابونجي Cherapungy على تلال أسام عند ارتفاع 1314 متراً نحو 429 بوصة في السنة[1]، وهذا رقم قياسي غير مسبوق. كما تغزر الأمطار على سفوح الروكي الغربية، لأكثر من 2500 مليمتر بالسنة وتقل في سفوحها الشرقية عن 600 مليمتر. وكذلك على السفوح الشرقية لجزيرة مدغشقر 1370 ملمتراً والسفوح الغربية لمرتفعات فلسطين لأكثر من 700 مليمتر بالمتوسط، ولكنها تقل في سفوحها الشرقية عن 300 مليمتر كمنطقة واقعة في ظل المطر، والمطلة على أراضي الغور في أريحا؛ مع ارتفاع درجة حرارة الرياح العكسية عند انزلاقها من على السفوح الشرقية للضفة الغربية نحو أراضي سهل الغور.

(1) وصلت كمية الأمطار في شيرابونجي عام 1860م/ 1861م إلى نحو 1041 بوصة/ 2644 سنتمتراً، عن درسكول، ص218.





شكل رقم (124): يوضح الأمطار التضاريسية في الضفة الغربية وانضغاط الرياح العكسية عند هبوطها إلى سهل الغور

تأثير توزيع اليابس والماء على المكان

أما تأثير هذا العامل على المكان، فله أهميته الكبيرة في هذا الصدد. فالغلاف الغازي يلامس اليابس في بعض الجهات، ويلامس الماء في بعضها الآخر. وحينما تسري الأشعة الحرارية المنبعثة من الشمس خلال هذا الغلاف إلى سطح الكرة الأرضية، يسخن اليابس والماء، ولكن الماء يسخن ببطء؛ أما اليابس فيسخن بسرعة، لأن الماء يحتاج بطبيعته إلى حرارة أكثر، ولأن الأشعة الحرارية تنفذ عبر الماء إلى طبقات أعمق، وبالتالي تتوزع الحرارة، فتنتشر في حجم أكبر. كما أن الهواء الملاصق للماء يحتوي على كمية أكثر من بخار الماء،الأمر الذي يؤدي إلى اعتراض الأشعة الشمسية ويعرقل نفاذها. ثم إن مقداراً كبيراً من حرارة الشمس يستنفذ في تحويل الماء إلى بخار، بدلاً من تسخينه. فالماء يسخن ببطء ويفقد حرارته ببطء، ويبرد ببطء، في حين يفقد اليابس حرارته ويبرد بسرعة. ومعنى ذلك أن اليابس يكون أكثر حرارة من الماء في فصل الصيف على حين يصبح أقل حرارة من الماء في فصل الشتاء، ونتيجة لذلك، يختلف نظام

الضغط الجوي اختلافاً واضحاً، على كل من اليابس والماء في العروض الواحدة. ولهذا أهميته الواضحة في النظام الموسمي (الإقليم الموسمي)، وكذلك في الرياح المحلية مثل نسيم البر ونسيم البحر.

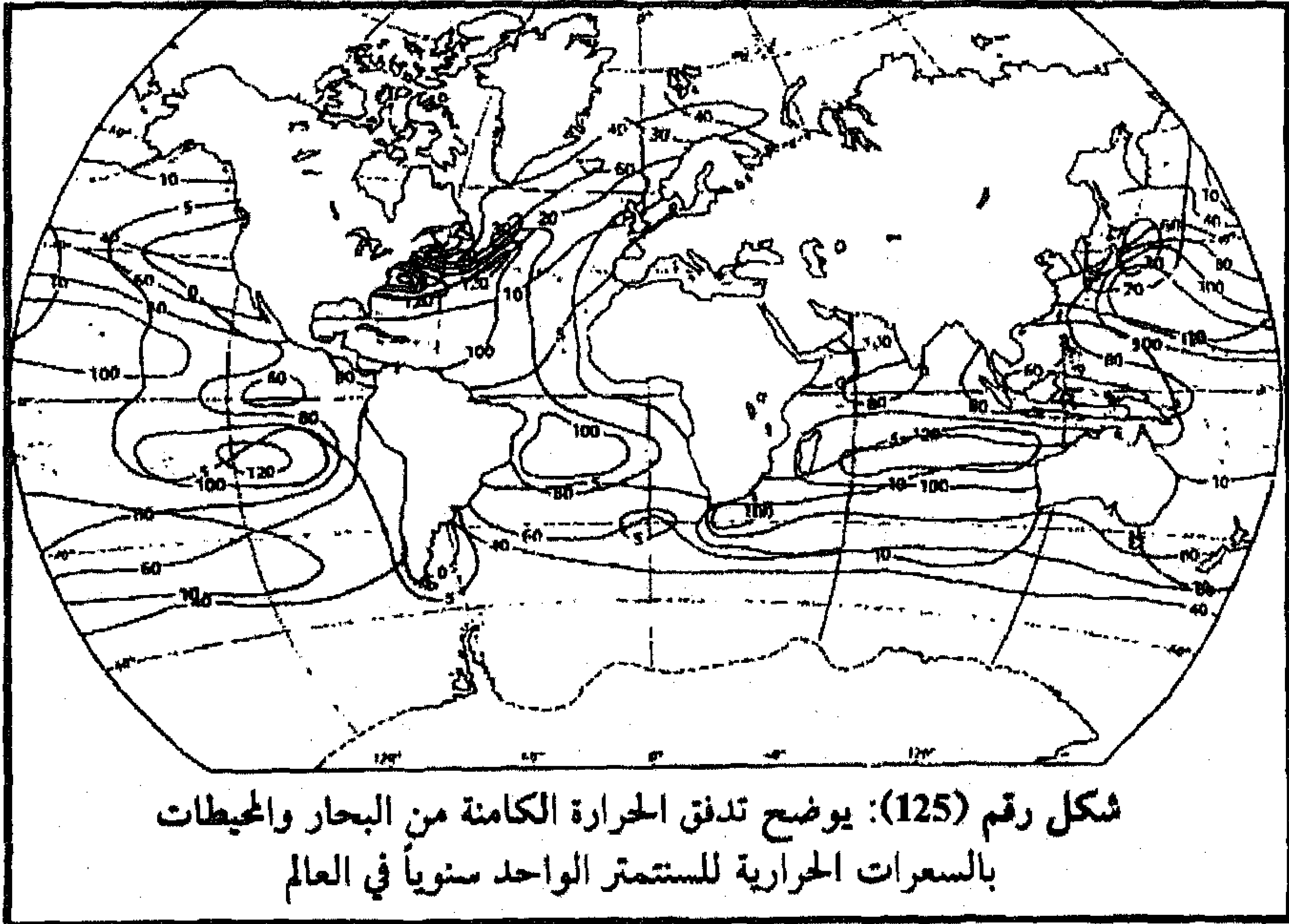
ونتيجة لذلك، يكون الهواء الملامس للمسطحات المائية أقل حرارة من الهواء الملامس لليابس في فصل الصيف، وأدفأ منه في الشتاء. ولذلك يؤثر البحر في مناخ الجهات القريبة منه، فيلطف من حرارتها في الصيف ويخفف من حدة برودتها في الشتاء. وإذا ما علمنا أن حجم البر الواقع فوق مستوى سطح البحر، لا يغطي سوى عشر حجم المسطحات المائية، عندها ندرك أن البحار والمحيطات نتيجة لكبر حجمها وسعة رقعتها، تستطيع أن تؤثر في مناخ القارات تأثيراً كبيراً.

وعليه، كانت المناطق الساحلية والقريبة نسبياً من البحر، معتدلة المناخ قليلة في مداها الحراري اليومي والفصلي؛ على حين نجد المناطق الداخلية أو البعيدة عن البحر، تصبح قارية المناخ، كبيرة في مداها الحراري. وبذلك يسمى مناخ الأماكن الساحلية بالمناخ البحري، ومناخ الأماكن الداخلية في أواسط القارات بالمناخ القاري، وبينما تتصف الجهات من المسطحات المائية بأنها موفورة المطر، تكون المناطق الداخلية قليلة المطر بوجه عام.

فلو قارنا بين المحطات المناخية الثلاث في كل من يافا وعمان وأزرق الشومري الواقعة على خط عرض 58، 31° شمالاً تقريباً؛ لوجدنا أن المدى الحراري فيها هو 18° و27° و35° مئوية على الترتيب. حيث يظهر أن المدى الحراري في المحطة الأخيرة أكثرها حدة، نتيجة لوقوعها في قلب البادية الأردنية الواقعة للشرق من عمان[1].

(1) د. علي احميدان، إقليم حوض الأزرق، رسالة ماجستير، القاهرة، 1970م.

كما يلاحظ أن المناطق التي يتداخل فيها اليابس والماء، تضطرب فيها الأحوال المناخية اضطراباً كبيراً، كما هو الحال في المناطق الواقعة بين دائرتي عرض 60° إلى 65° شمالاً؛ وخاصة في شمال غرب أوروبا، الأمر الذي يفسر اضطراب الأحوال الجوية خاصة في الجزر البريطانية، والتي يقال عنها دائماً، من أنها تمارس طقساً أكثر مما تمارس منه مناخاً. وربما يعزى للجبهات الهوائية المختلفة المصدر، وتأثير تيار خليج المكسيك فيها يؤدي لمثل هذا التذبذب في الطقس في تلك العروض.



شكل رقم (125): يوضح تدفق الحرارة الكامنة من البحار والمحيطات بالسعرات الحرارية للسنتمتر الواحد سنوياً في العالم

تأثير التيارات البحرية على المكان

يعتبر هذا العامل الطبيعي من أكثر العوامل المؤثرة الأخرى في المناخ. فحينما تدفع الرياح الطبقة السطحية من مياه البحار والمحيطات؛ وتجعلها تتحرك من منطقة لأخرى؛ هي التي ينجم عنها حركة التيارات البحرية سواء الدافئة أو الباردة. وحينما تصل هذه التيارات إلى سواحل القارات؛ فإنها تسير بمحاذاة

الشاطئ، وتؤثر بواسطة الهواء الواقع فوقها، في مناخ الجهات الساحلية التي تمر بها. ويتفاوت أثرها حسب الجهة القادمة منها؛ فإن كانت قادمة من جهات أدفأ من هذه السواحل، ساعدت على رفع درجة حرارتها، وازدياد رطوبتها وأمطارها، وإن كانت آتية من جهات أبرد من الجهات التي تمر بشواطئها، فإنها تسبب انخفاضاً في الحرارة وجفافاً في المناخ.

وبعبارة أخرى، يمكن تعريف هذه التيارات، على أنها عبارة عن مسيرات منتظمة للمياه السطحية في البحار والمحيطات، تشبه لحد ما الجريان النهري وسط المحيط المائي. حيث يتراوح عرض التيار البحري ما بين 200 إلى 250 كيلو متراً، وتختلف خصائصها وسماتها عن المياه المجاورة لها. وتتخذ في سيرها اتجاهات ثابتة ومعروفة تعود إلى عدة عوامل أهمها:

أ. اتجاه هبوب الرياح.

ب. دوران الأرض حول محورها.

ج. شكل السواحل للقارات.

التوزيع الجغرافي للتيارات البحرية

تتصف معظم التيارات البحرية التي تحدث في المسطحات المائية المحيطية، بإتباع الدورة العامة لحركتها، وهي ثابتة ومستمرة في هذه الحركة؛ ممثلة في حركة التيارات من المناطق الاستوائية إلى الأطراف، أو من المناطق الدافئة إلى المناطق الباردة. والعكس أيضاً في حركة عكسية من المناطق الباردة إلى المناطق الاستوائية. وقد تشذ عن هذه القاعدة، بعض التيارات البحرية في المحيط. الهندي الشمالي؛ بسبب اختلاف مسالكها في الصيف عنها في الشتاء، متأثرة باختلاف الخصائص الطبيعية للمياه. وأثر فعل الرياح الموسمية في هبوبها بين الصيف

والشتاء في هذا المحيط، وللإطلاع على هذه التيارات فلا بد من التطرق إليها وأماكن تواجدها في كل محيط مائي على النحو التالي:

أ. تيارات المحيط الأطلسي.

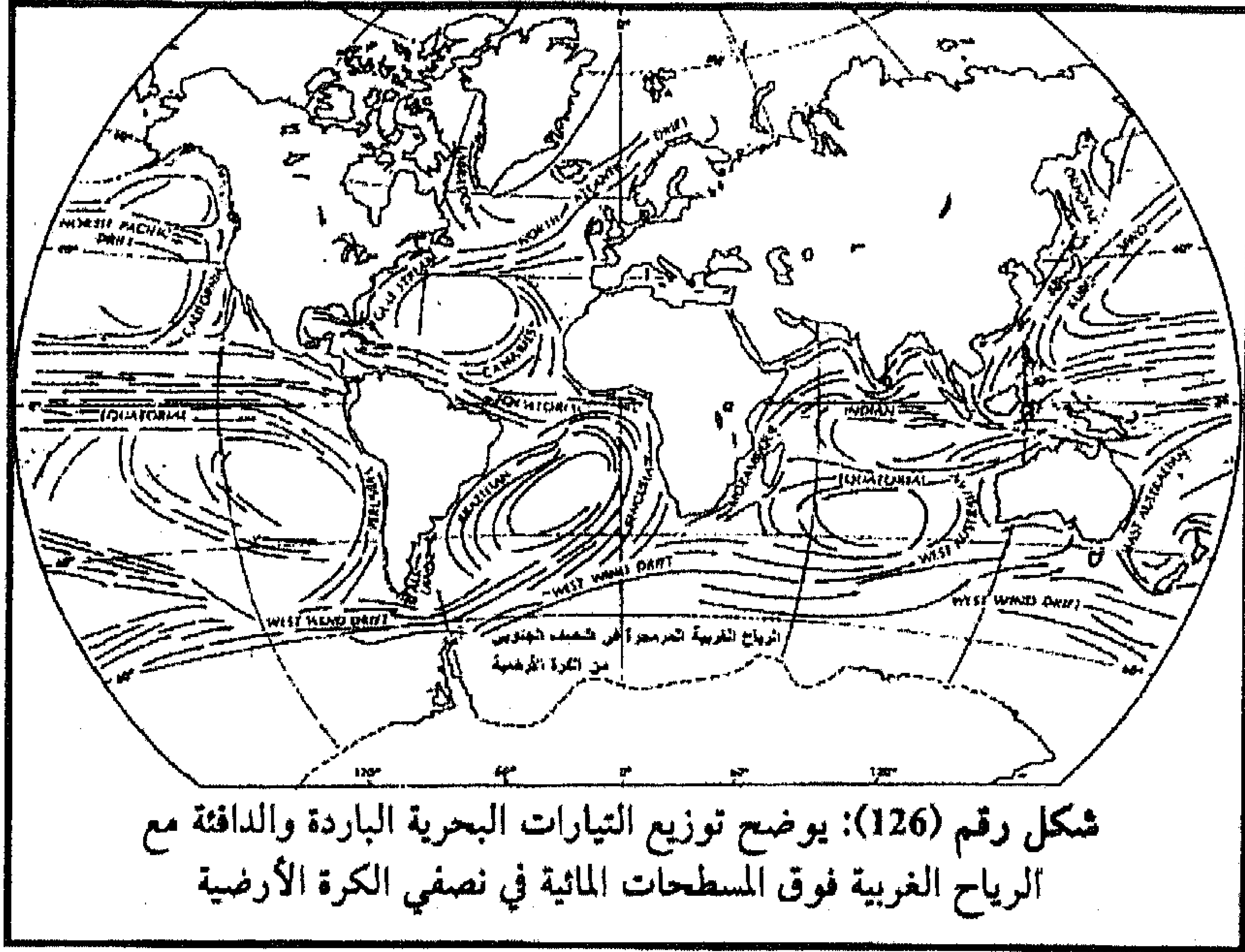
ب. تيارات المحيط الهادي.

ج. تيارات المحيط الهندي.

أ. تيارات المحيط الأطلسي

يبدو من امتداد المحيط الأطلسي الشمالي والجنوبي، والذي يقطعه دائرة خط الاستواء، أنه يمكن أن يضم كافة أنواع الرياح السائدة التجارية والعكسية والغربية، وبالتالي يمكن أن يؤدي ذلك إلى دورة كاملة للتيارات البحرية، والتي تبدأ عادة في هذا المحيط، بتحرك كتل المياه البحرية من خليج غانا بإفريقية، في اتجاه معاكس لدوران الأرض؛ أي من الشرق إلى الغرب. وحينما يصل إلى سواحل البرازيل، تجابهه كميات ضخمة من المياه العذبة التي يلقيها نهر الأمازون عند مصبه[1]، فينجم عنها تيار معاكس؛ يرتد بجزء من التيار الاستوائي إلى الشرق مرة أخرى (والذي يعرف بالتيار الاستوائي العكسي)، لينحرف جزء منها مع ساحل البرازيل، بينما تواصل الشعبة الشمالية من التيار الاستوائي، رحلتها متتبعة اتجاه السواحل الأمريكية في أمريكا الجنوبية والوسطى فخليج المكسيك.

(1) يبلغ معدل تصريف هذا النهر العظيم نحو 3620 كيلو متراً مكعباً في السنة.



شكل رقم (126): يوضح توزيع التيارات البحرية الباردة والدافئة مع الرياح الغربية فوق المسطحات المائية في نصفي الكرة الأرضية

وعندما تتم دورتها وتخرج من خليج المكسيك، تجد نفسها في طريق الرياح العكسية الجنوبية الغربية، التي تبتعد عن السواحل الشرقية لقارة أمريكا الشمالية؛ ومن ثم تقربها من السواحل الأوروبية، في تيار دافئ هو تيار خليج المكسيك الدافئ، الذي تبلغ درجة حرارته نحو 27 مئوية، الأمر الذي يؤدي لأن يشيع الدفء في تلك الجهات؛ ويؤثر بالتالي على انحناء خطوط الحرارة المتساوية ولاسيما في فصل الشتاء. ويستمر في تأثيره حتى سواحل شبه جزيرة اسكندناوة واسكتلندة وآيسلندة. وقد يستمر هذا التيار، في اتجاهه الدائري، ليجد نفسه فجأة في نطاق الرياح التجارية الشمالية الشرقية؛ محاذياً للسواحل الشمالية الغربية لإفريقية، حيث يعرف بتيار كناري البارد والذي يستمر في رحلته، حتى الدائرة الاستوائية، ليبدأ رحلة بحرية جديدة.

أما الشعبة الثانية من التيار الاستوائي، فتنحرف باتجاه الجنوب بمحاذاة ساحل البرازيل، وتحت تأثير الرياح التجارية، حتى يتلاقى مع تيار الفوكلاند

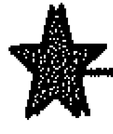
البارد، فتدفعه الرياح العكسية باتجاه سواحل إفريقية الجنوبية الغربية فاقداً حرارته، ليتحول إلى تيار ناميبيا البارد والذي يحاذي سواحل إفريقية حتى يصل للشمال قليلاً من مدينة تنانا Tanana عند مصب نهر الكنغو.

ونتيجة لذلك؛ نجد أن كمية الأمطار تتدرَّج من الجنوب إلى الشمال مع اتجاه التيار، حيث تصل في مدينة تنانا لنحو 71 سنتمتراً، وفي مدينة ليبرفل للشمال منها نحو 152 سنتمتراً وفي مدينة دوالا Duwala في الكاميرون للشمال منها لنحو 635 سنتمتراً. ويعزى ذلك لتأثير التيار البارد والذي يدعى تيار ناميبيا في الجنوب أكثر من الشمال بالنسبة لكميات التساقط في هذه المحطات المناخية الثلاث.

وإذا ما وصل إلى خليج غانا، يبدأ في الاتحاد مع تيار كناري البارد والتيارات المتدفقة من الأنهار الإفريقية، بالإضافة إلى الأمطار الاستوائية الغزيرة ليبدأ رحلة جديدة باتجاه الغرب.

بقي بعد ذلك أن نشير إلى تيار لبرادور الذي يسير مع اتجاه الرياح القطبية الجافة، والذي ينجم عن التقائه مع تيار الخليج، حدوث الضباب الكثيف. نتيجة لتكاثف بخار الماء بين الهواء البارد والهواء الساخن الرطب، ومع توافر الغذاء الوافر للأحياء الحيوانية قرب جزيرة نيوفوندلاند، جعلت تلك المنطقة من أحسن مناطق صيد الأسماك في العالم، ولذلك يمكن إيجاز التيارات البحرية الأطلسية فيما يلي:

* التيارات الباردة: وتضم تيار كناري وتيار بنجويللا بغرب إفريقية وتيار الفوكلاند وتيار شبه جزيرة لبرادور بالقرب من نيوفوندلاند.
* التيارات الدافئة: وتتشكل بالقرب من دائرة خط الاستواء، وتأخذ بالانحراف نحو الشمال والجنوب منها، وتضم التيار الاستوائي الشمالي،



والتيار الاستوائي الجنوبي وتيار خليج غانا الدافئ، وهو الأهم، بل هو من أعظم تيارات العالم على الإطلاق ويعزى ذلك إلى أن معظم مياهه تأتي من ثلاثة مصادر وهي:

- مياه التيار الشمالي ذاته.
- مياه تأتي من القسم الاستوائي الجنوبي.
- كمية المياه الكبيرة التي تأتي من الأنهار التي تصب في السواحل الجنوبية والشرقية التي يمر منها ومن أهمها نهر المسيسيبي.

ب. تيارات المحيط الهادي:

كما أن المحيط الأطلسي يضم تيارات باردة وتيارات دافئة، كذلك المحيط الهادي يضم التيارات الباردة مثل تيار كليفورنيا البارد، وتيار كامشاتكا البارد، والتيار القطبي الجنوبي، وتيار بيرو البارد. أما التيارات الدافئة/ فتتمثل في تيار كوروشيفو "الأسود" الياباني، والتيار الاستوائي الشمالي، والتيار العكسي "الرجعي" والتيار الاستوائي الجنوبي، وتيار شرق استراليا الدافئ.

وبنفس النظام الذي أظهرته تيارات المحيط الأطلسي، نجد له شبيهاً في المحيط الهادي. حيث نجد في شمال وجنوب خط الاستواء، كل من التيار الاستوائي الشمالي والجنوبي والرجعي بالمحيط، فيتجه التيار الاستوائي الشمالي الغربي، ماراً بشرق جزر الفلبين، ثم يتجه نحو الشمال الشرقي ماراً بشرق الصين، وسواحل اليابان، حيث يعرف بتيار اليابان الأسود Kuroshivo الدافئ، والذي يستمر في نفس الاتجاه، حيث تدفعه الرياح العكسية نحو الشمالي الشرقي، باتجاه سواحل شمال غرب أمريكا الشمالية، وعندها يعرف بتيار المحيط الهادي الشمالي الدافئ.

ومن هناك يتفرع إلى فرعين؛ أحدهما يتجه نحو الجنوب ماراً بالساحل

الغربي للولايات المتحدة، تحت اسم تيار كليفورنيا البارد، الذي ينضم بدوره إلى التيار الاستوائي الشمالي، مكوناً دورة كاملة في العروض الدنيا من المحيط الهادي الشمالي.

وأما الفرع الآخر؛ فيدور مع ساحل كندا أو ألاسكا؛ ويعرف بتيار ألاسكا الدافئ حيث يلتقي مع تيار كامشاتكا البارد، فيتجه نحو الجنوب، ومن ثم ينضم مع تيار اليابان الدافئ.

كما يلاحظ أن هناك فرعاً آخر من تيار كوروشيفو الياباني الدفيء، يدخل بحر اليابان ويعرف باسم تيار تسوشيما Tsushima، ويمر بالسواحل الغربية لليابان،ومن ثم تصبح سواحل الجزر اليابانية محاطة بتيارات محيطية دافئة تخفف لحد ما من حدة تيار الكوريل البارد.

وأما في جنوب دائرة خط الاستواء، فيتجه التيار الاستوائي الجنوبي نحو الغرب؛ ثم ينحرف فرع منه نحو الجنوب، يعرف بتيار شرق أستراليا الدفيء. وحينما يدخل ضمن نطاق هبوب الرياح العكسية، ينحرف باتجاه الشرق، منضماً إلى التيار القطبي الجنوبي، الذي ينحرف نحو الشرق باتجاه الطرق الجنوبي الغربي، لقارة أمريكا الجنوبية، حيث يعرف بتيار بيرو أو همبولت Humbolt البارد، والذي ينضم بدوره إلى التيار الاستوائي الجنوبي، مكملاً الدورة جنوب دائرة خط الاستواء.

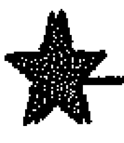
وعليه؛ فإننا نجد أن هناك تشابهاً لحد كبير، في خريطة توزيع تيارات المحيطين الأطلسي والهادي. إذ نجد أن تيار الخليج الدافئ في سواحل شرق أمريكا الشمالية؛ يماثله تيار اليابان الدفيء في شرق آسيا؛ وإن كان الأول أقوى كثيراً وأسرع وأدفأ نسبياً من الثاني. وتيار لبرادور البارد في شمال شرقي أمريكا الشمالية، يماثله تيار كامشاتكا البارد في شمال شرق آسيا.

كما أن تيار كناري البارد، يماثله تيار كليفورنيا البارد تقريباً في نصف الكرة الشمالي، كما يماثله تيار بنجويللا البارد جنوب غرب إفريقية مع تيار همبولت البارد في غرب أمريكا الجنوبية، بينما نجد تيار البرازيل الدافئ في شرق أمريكا الجنوبية، يماثله تيار شرق أستراليا الدفيء.

كما ينحصر الاختلاف والتباين في هذه التيارات البحرية تقريباً، في اتساع التيار وسرعته وطبيعته. فإلى جانب الاختلاف الذي ذكرناه بين كل من تيار الخليج وتيار اليابان، نجد أيضاً أن التيارات القطبية لها تأثير قوي في المحيط الأطلسي، أكثر من المحيط الهادي. وذلك يعزى إلى أن المحيط الأطلسي، محيط مفتوح نحو الشمال، وأكثر اتصالاً بالمحيط المتجمد الشمالي منه في حالة المحيط الهادي. كما يلاحظ أن التيار القطبي الذي ينحرف باتجاه الشرق حول الكرة الأرضية ما بين 40° و50°. وأكثر اتصالاً بالمحيط المتجمد الشمالي منه في حالة المحيط الهادي. كما يلاحظ أن التيار القطبي الذي ينحرف باتجاه الشرق، حول الكرة الأرضية ما بين دائرتي عرض 40° و50° جنوباً، ليس له ما يضاهيه في نصف الكرة الشمالي. والسبب في ذلك يعزى للتباين والاختلاف في شكل وامتداد اليابس اتجاه القطب في كل من نصفي الكرة الأرضية.

ج. تيارات المحيط الهندي

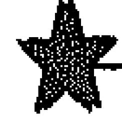
تختلف حركة التيارات في النصف الشمالي للمحيط الهندي عن نصفه الجنوبي، ففي شمال خط الاستواء، تهب الرياح الموسمية التي تغير اتجاهها تماماً في فصل الصيف عن فصل الشتاء؛ حيث يوجد في الجزء الجنوبي من المحيط الهندي التيار الاستوائي الجنوبي، متجهاً نحو الغرب ثم نحو الجنوب الغربي، ماراً بسواحل شرق إفريقية، حيث يعرف بتيار موزامبيق الدافئ، حتى يصل لمنطقة الرأس جنوب إفريقية، وبعدها ينحرف نحو الشرق، ليدخل ضمن نطاق الرياح

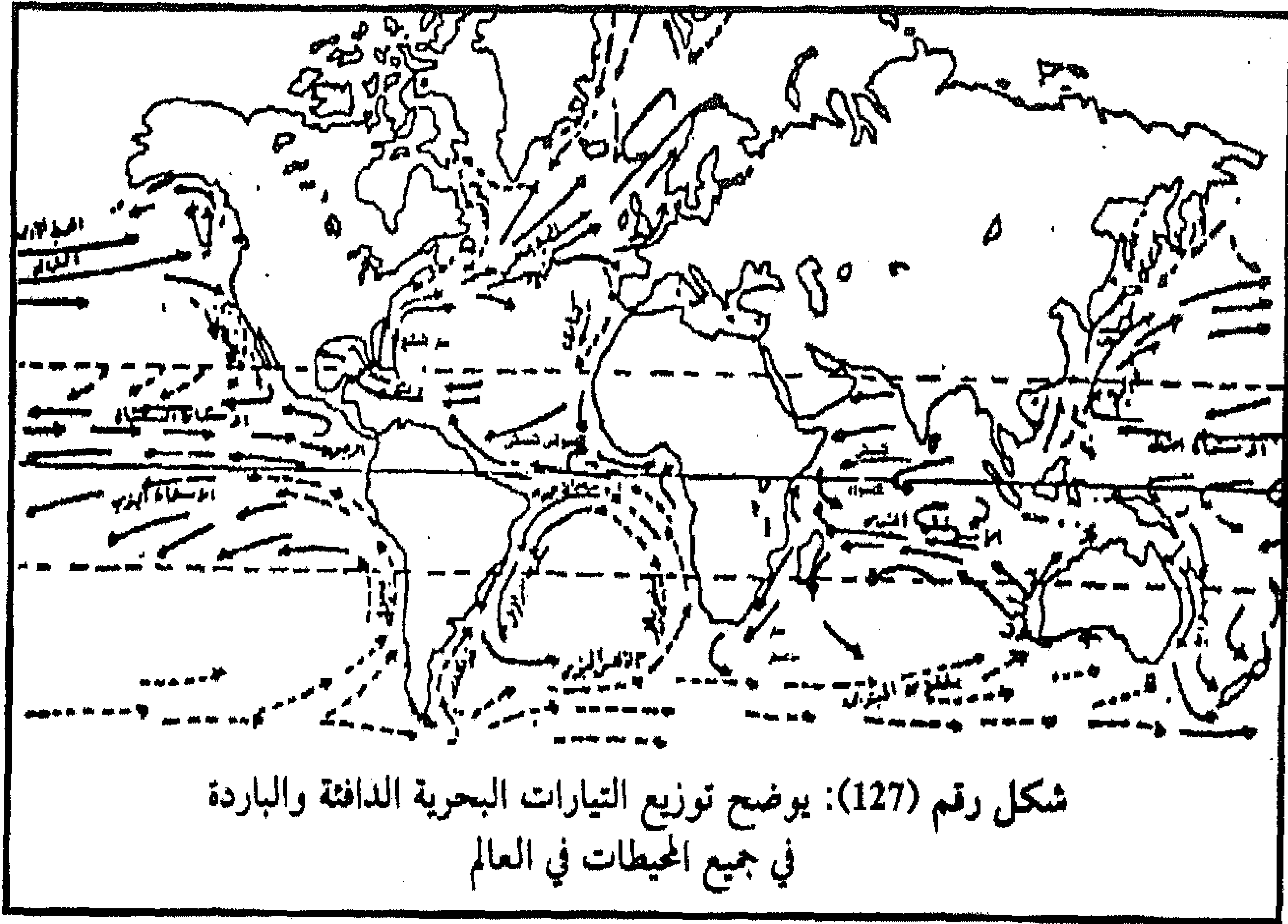


العكسية الشمالية الغربية.وينضم مع التيار القطبي الجنوبي. وبالقرب من سواحل جنوب غرب أستراليا، تتجه شعبة منه نحو الشمال مارة بغربي أستراليا، تعرف بتيار غرب أستراليا البارد، والذي ينضم بدوره إلى التيار الاستوائي الجنوبي. وأما الشعبة الأخرى فتواصل سيرها إلى السواحل الجنوبية لأستراليا، وسواحل نيوزيلندة لتشكل الدورة مع التيار القطبي الجنوبي.

أما في فصل الشتاء، فتهب الرياح الموسمية الشتوية من قلب آسيا، حيث الضغط الجوي المرتفع فوق اليابس، ويكون اتجاهها بوجه عام، من الشمال الشرقي نحو الغرب، فيصبح اتجاه التيارات البحرية في هذا الجزء من المحيط من الشرق إلى الغرب، حتى إذا ما وصلت للسواحل الشرقية من القارة الإفريقية، اتجهت نحو الشرق على هيئة تيار استوائي رجعي (عكسي). وبذلك تصبح حركة التيارات البحرية في المحيط الهندي الشمالي في عكس اتجاه عقارب الساعة.

أما في فصل الصيف فإن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، التي تهب على آسيا وخاصة في شهري آب وأيلول، فإن التيار يتحرك من الغرب إلى الشرق، وحينما يصل لجزر الهند الشرقية، يتجه نحو الجنوب لينضم إلى التيار الاستوائي الجنوبي جنوب الدائرة الاستوائية.





شكل رقم (127): يوضح توزيع التيارات البحرية الدافئة والباردة
في جميع المحيطات في العالم

ويظهر تأثير هذه التيارات البحرية وخاصة تيار خليج المكسيك، في درجات الحرارة بين مدينتي غلاسجو وواشنطن، حيث نجد درجة الحرارة فيهما في شهر كانون ثاني 39 و34 ف على التوالي، علماً بأن درجة عرض الأولى 56° شمالاً والثانية 39° شمالاً.

كما أن لهذه التيارات البحرية دوراً أساسياً في تكوين الضباب، حيث يلاحظ أن التيارات البحرية الدافئة، تكون مصحوبة بالضباب، بعكس التيارات البحرية الباردة. فعند التقاء تيار دافئ مع تيار بارد، يتشكل الضباب الكثيف غالباً، وذلك بسبب تقابل الهواء الدافئ الرطب، بالهواء البارد الجاف فوق مياه التيارين البحريين، مما يؤدي لظاهرة حدوث الضباب. كما يحدث حول جزيرة نيوفونلاند شمال شرق قارة أمريكا الشمالية وحول الجزر اليابانية، وعند

سواحل ألاسكا وسواحل شمال غرب إفريقية وخاصة مدينتي أغادير ومراكش[1].

أهمية وفائدة التيارات البحرية

تظهر أهمية التيارات البحرية في كثير من النواحي الطبيعية والبشرية التي يمكن إيجازها فيما يلي:

1. تقوم التيارات البحرية بنقل المواد الغذائية من الطحالب والأعشاب البحرية، والعوالق النباتية والحيوانية من مكان لآخر. وحينما تلتقي التيارات البحرية الدافئة مع التيارات الباردة، تصبح مناطق الالتقاء غنية بهذه المواد للأسماك مثل سواحل ألاسكا وجزيرة نيوفوندلاند وسواحل الجزر اليابانية، وسواحل الإكوادور وسواحل جزر الفوكلاند وبحر الشمال، لتكون مناطق صيد رئيسة للأسماك بكافة أنواعها.
2. كما تقوم التيارات البحرية بالتأثير المباشر على الأحوال المناخية بالنسبة للسواحل التي تمر بها؛ إما بزيادة البرودة فيها أو زيادة حرارتها، كما يحدث في سواحل غرب أوروبا، وشرق كندا من حيث إغلاق الموانى بسبب الثلوج في كندا، وعدم إغلاقها في غرب أوروبا، نتيجة لتأثير تيار الخليج الذي تبلغ درجة حرارة مياهه 27° مئوية.
3. كما تساهم التيارات البحرية الدافئة على زيادة بخار الماء، وبالتالي تزايد سقوط الأمطار، وحدوث الضباب بالنسبة للمناطق والسواحل، التي تمر

(1) تعرضت منطقة ساحل مدينة مراكش على طريق الرباط/ مراكش لحدوث الضباب الكثيف في 29/ 8/ 1983 أثناء رحلة الباحث بين جامعة مراكش ومدينة الدار البيضاء.

بجوارها مثل سواحل جزيرة ايرلندا وجزيرة فانكوفر ومدينة ربودي جانيرو وغيرها.

4. كذلك تساهم في تشكيل الضباب الكثيف عند التقاء التيار الدافئ مع البارد؛ وتنحجب الرؤيا كما هو حاصل في شرق قارة أمريكا الشمالية، حيث يلتقي تيار لبرادور البارد مع تيار خليج المكسيك الدافئ.

5. كما أنها تساهم في تشكيل السواحل البحرية التي تمر بمحاذاتها، من حيث نقل الرواسب التي تحملها الأنهار والرياح من اليابس، والتي تؤثر بصورة مباشرة على تكوين وتشكل الموانئ على تلك السواحل وبحيرات اللاجون Lagoon على الشواطئ البحرية كساحل الخليج العربي الغربي.

تأثير مناطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على المكان

يتأثر مناخ الكرة الأرضية بالدورة العامة للغلاف الغازي، حيث يشكل عاملاً أساسياً في تحديد الأنماط الرئيسة، لنطاقات الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على سطح القشرة الأرضية. بينما تقوم العوامل الأخرى، بإدخال تعديلات فصيلة أو يومية على نطاقات الضغط الجوي. فالحركة الرأسية للهواء التي تتم في الغلاف الغازي بنوعيها الهابط والصاعد تحدد أنماط الضغط الجوي للهواء على سطح الأرض. فالمناطق المدارية فيما بين دائرتي عرض 30-35 شمالاً وجنوباً، تعتبر مناطق ضغط جوي مرتفع؛ بسبب سيادة التيارات الهوائية الهابطة والباردة، وكذلك مناطق القطبين الشمالي والجنوبي. أما مناطق الضغط المنخفض فتتمثل في منطقة الركود الاستوائي بين دائرتي عرض 10 شمالاً وجنوباً؛ وكذلك بين دائرتي عرض 60° إلى 65° شمالاً وجنوباً، كمناطق تسود فيها التيارات الهوائية الصاعدة، مما يؤدي لتشكيل مناطق الضغط الجوي المنخفض فيهما.

وتعتبر المناطق الست شمال وجنوب منطقة الرهو الاستوائي، لها الدور الأفضل في التأثير على مناخ القارات، والأماكن المختلفة على سطح القشرة الأرضية. فهي مناطق ثابتة تمثل حالة الاعتدالين الربيعي والخريفي لسببين هما:

أ. حركة الشمس الظاهرية بين المدارين طيلة العام، وتعامدهما على مدار السرطان في الصيف الشمالي. وعلى مدار الجدي في الشتاء الجنوبي. أي بمعنى آخر انتقال مناطق الحرارة العظمى نحو الشمال في شهر تموز، ونحو الجنوب في شهر كانون الثاني؛ الأمر الذي يؤدي إلى زحزحة مناطق الضغط الجوي، وتوزيع الرياح نحو الشمال في شهر تموز ونحو الجنوب في شهر كانون ثاني.

ب. تجاور كتل اليابس ومساحات الماء الشاسعة، يكون سبباً في تغير هذا النظام العام، وتكوين نظام فصلي خاص، كما أن هناك أسباباً أخرى محلية عديدة تتسبب في حدوث منخفضات جوية ذات مسارات خاصة.

ففي شهر كانون الثاني؛ تتزحزح مناطق الضغط الجوي مع توزيع الرياح نحو الجنوب، تبعاً لحركة الشمس الظاهرية. فتغطي مناطق الضغط الجوي المنخفض المدارية، أكبر منطقة من وسط إفريقية، والبرازيل جنوب خط الاستواء فتتزحزح مناطق الضغط المرتفع شبه المداري الآزوري في نصف الكرة الشمالي نحو خط عرض 20 شمالاً، كما تتزحزح منطقة الضغط المنخفض شبه القطبي قليلاً نحو الجنوب؛ مما يجعل السواحل الغربية للقارات في نصف الكرة الشمالي فيما بين دائرتي عرض 30°- 40° شمالاً في مهب الرياح العكسية والغربية الدائمة.

أما اليابس الآسيوي، والذي تنخفض فيه درجات الحرارة انخفاضاً شديداً في فصل الشتاء، فتجثم فوقه منطقة ضغط مرتفع، بينما تكون المحيطات والبحار

من حولها لا تزال محتفظة ببعض حرارتها، وفوقها نوبات للضغط المنخفض، وبالتالي تتحرك الرياح الموسمية الباردة من داخل القارة الآسيوية نحو السواحل.

أما في شهر تموز فتتزحزح مناطق الضغط الجوي مع توزيع الرياح نحو الشمال تبعاً لحركة الشمس الظاهرية، وتتسع منطقة الضغط المنخفض الآسيوي فتشمل القارة الآسيوية وشرق أوروبا وشرق إفريقية، وذلك لارتفاع درجات الحرارة في القارة الآسيوية، حيث تصل إلى قمة الحرارة العظمى، بينما تبقى البحار من حولها لم تسخن بعد، وتجثم فوقها مناطق ضغط مرتفع، وبالتالي تندفع الرياح الموسمية الصيفية المطرة، من المسطحات المائية الشاسعة في المحيطين الهادي والهندي نحو اليابس الآسيوي، مشبعة ببخار الماء الذي يؤدي لتساقط الأمطار، حيث تصل في مدينة شيرابونجي على سفوح تلال أسام بنحو 429 بوصة في المتوسط سنوياً[1].

أما في نصف الكرة الجنوبي فتتصل مناطق الضغط المرتفع حول دائرة عرض 30، وهي مناطق ضد إعصارية Anti- Cyclones. أما توزيع الرياح فهي نتيجة مباشرة لتوزيع مناطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض على سطح القشرة الأرضية فالرياح تهب من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض. كما أنها تنحرف في نصف الكرة الشمالي إلى يمين اتجاهها، وفي نصف الكرة الجنوبي إلى يسار اتجاهها. وتقسم الرياح إلى أربعة أنواع هي:

أ. الرياح الدائمة مثل الرياح التجارية والغربية والعكسية والقطبية.

ب. الرياح الموسمية وهي نوعان: رياح موسمية صيفية ورياح موسمية شتوية.

---

(1) د. محمد سطحية، جغرافية العالم الإقليمية، بيروت، 1976م.

ج. الرياح اليومية كنسيم الجبل والوادي ونسيم البر والبحر.

د. الرياح المحلية التي ترافق المنخفضات الجوية.

وتهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية، من منطقة الضغط المرتفع فيما وراء المدارين (30°- 35° شمالاً وجنوباً)، ويكون اتجاهها في نصف الكرة الشمالي، شمالي شرقي وفي نصفها الجنوبي، جنوبي شرقي باتجاه منطقة الضغط المنخفض في الدائرة القطبية (60°- 65°)، وكذلك الحال في نصف الكرة الجنوبي، كما توجد عند منطقة التقاء الرياح التجارية الشمالية والجنوبية منطقة انتقالية تسمى منطقة التقاء الرياح المدارية. وهي منطقة ذات رياح متغيرة الاتجاهات تدعى دلدورم Doldrums.

وحينما تمر هذه الرياح بأنواعها المذكورة عن المسطحات المائية تجعل بخار الماء الذي يتكاثف ويتحول إلى أشكال التساقط من مطر وبرد وثلوج، على الأماكن التي تصلها تلك الرياح. ويمكن حصر أنواع التساقط في الأمطار التصاعدية (الرهو الاستوائي) والتضاريسية (سفوح الجبال) كجبال الهملايا والروكي والألب والأنديز ومرتفعات وسط فلسطين) والأمطار الإعصارية في غرب أوروبا وخاصة سواحل الجزر البريطانية.

وعليه، فمناطق الضغط الجوي المرتفع والمنخفض لها تأثير كبير على هبوب الرياح وتحديد اتجاهها، فإن عبرت عن مسطحات مائية دافئة حملت بخار الماء، وإن مرت من فوق صحاري مدارية أو باردة أدت إلى زيادة حدة الجفاف في تلك المناطق كالصحاري العربية التي تتعرض للرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة، مع هبوط الهواء البارد والجاف من طبقات الجو العليا نحو منطقة الضغط المرتفع فيما وراء المدارين (30°-35°) شمالاً وجنوباً.

تأثير اتجاه هبوب الرياح الدائمة أو المحلية على المكان

ما من شك في أن لاتجاه هبوب الرياح الدائمة والمحلية دوراً كبيراً في التأثير على مناخ المنطقة التي تتعرض لتلك الرياح. فهبوب الرياح التجارية بشكل عمودي على سواحل البرازيل في ربودي جانير ويؤدي إلى تساقط الأمطار بما يزيد عن 2 متر في المتوسط سنوياً. وتصل عند مصب الأمازون بما يزيد عن 4 أمتار بالسنة!! بينما تصل الرياح الغربية في شكل عمودي على ساحل جزيرة ايرلندة العَربي، ونتيجةً لمرورها فوق تيار الخليج الدافئ تسقط الأمطار في مدينة ليمارك Limark بما يزيد 2.5 متر في المتوسط سنوياً. أما الرياح الموسمية التي تهب على ساحل الصومال، فلا تسقط مطراً، لأنها تكون في شكل مواز للساحل، الأمر الذي أدى إلى نشوء الصحراء الصومالية. كما أن هبوب الرياح العكسية على سواحل مصر الشمالية في الإسكندرية والعريش وعلى ساحل فلسطين الجنوبي في رفح وغزة، يؤدي إلى قلة تساقط المطر (أقل من 200 ملليمتر في المتوسط سنوياً. ولكنها تصل لنحو 700 ملليمتر في يافا وحيفا وعكا، لأنها تكون متعامدة على الساحل.

أما الرياح المحلية الدافئة فحينما تهبط من قمم الجبال باتجاه السفوح الواقعة في ظل المطر، وتكتسب التسخين الذاتي عند انضغاطها، وهبوطها إلى الأرض السهلية فترتفع درجة حرارتها خاصة في العروض العليا، كوسط أوروبا للشمال من جبال الألب (رياح الفهن) التي ترتفع درجة حرارتها لنحو 16م، وكذلك رياح الشنوك التي ترتفع درجة حرارتها لنحو 21 مئوية، وتذبب الثلوج في سهول البراري الكندية. وهناك الرياح الباردة كرياح المسترال Misatral التي تعبر وادي الرون، وتدمر المحاصيل المزروعة فيه. وهناك الرياح الحارة مثل رياح الخماسين التي تجلب الحرارة والغبار من الصحراء الكبرى إلى مصر وفلسطين. ورياح السيروكو إلى صقلية واليونان، والرياح القبلي في ليبيا

والهبوب في شمال السودان وغيرها، مما يؤثر تأثيراً سلبياً على الأماكن التي تصلها الرياح الحارة أو الباردة. وعليه، فالرياح الدائمة أو المحلية تؤثر على مناخ المكان سلباً أو إيجاباً.

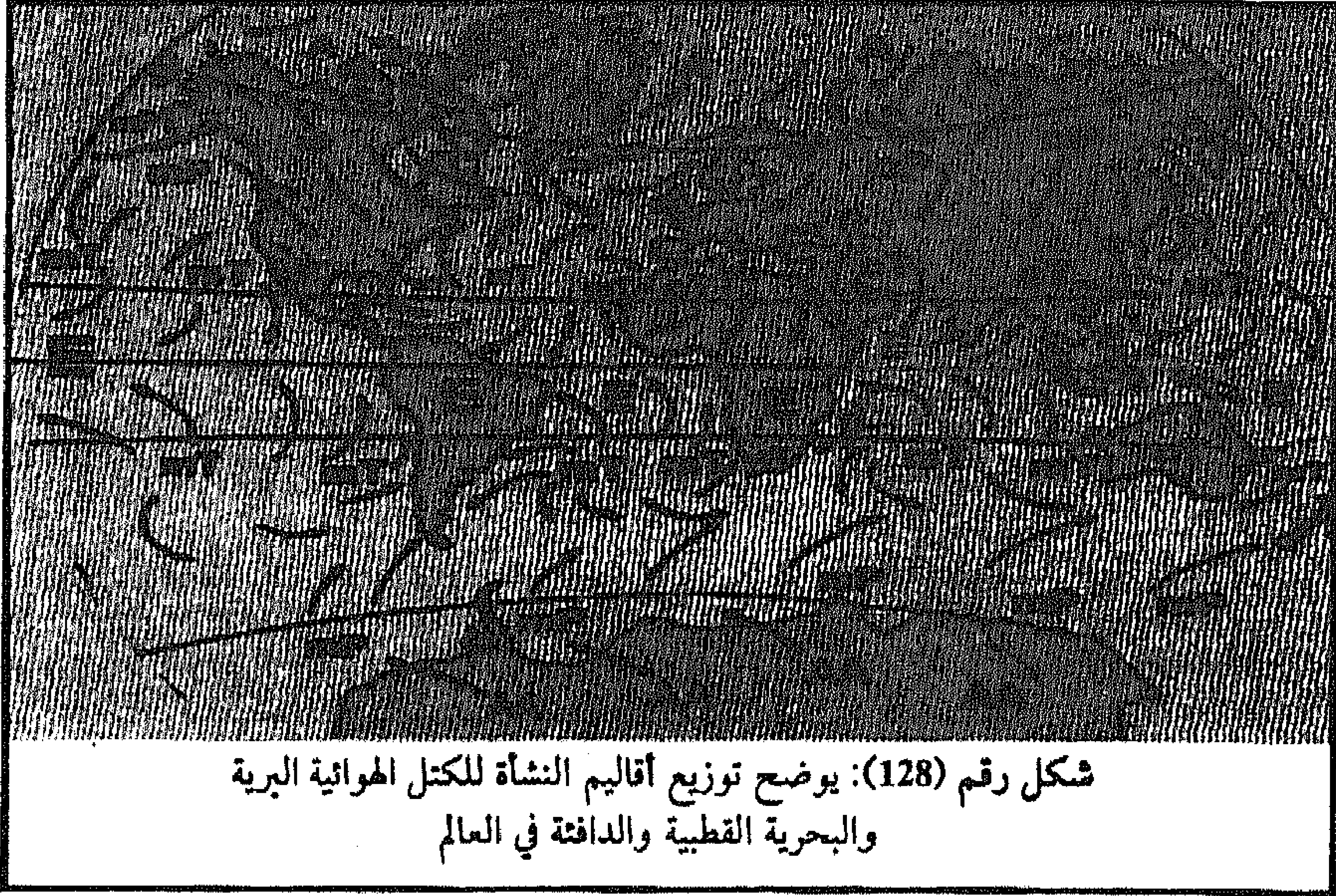
تأثير الغطاء النباتي على المكان

يعتبر هذا العامل الطبيعي من العوامل الطبيعية التي لها دور أساسي ومؤثر على مناخ المكان أي مكان في العالم. فمن المعروف بديهياً أن المناطق التي يغطيها النبات، تكون ذات درجات حرارة معتدلة والمدى الحراري اليومي والفصلي فيها قليل لحد كبير. بعكس المناطق الخالية من الغطاء النباتي، مثل الصحاري المدارية والقطبية. ففي المناطق الصحراوية يسخن سطح اليابس العاري من النبات بسرعة، وعند حلول الليل يفقد حرارته بالإشعاع فتنخفض درجة الحرارة انخفاضاً محسوساً، خاصة في ليالي فصل الشتاء، ولذلك يصبح المدى الحراري اليومي في الصحاري المدارية نحو 40م (في النهار 55م وفي الليل 15م)، أما في الصحاري القطبية فالمدى ما بين 15 إلى 20م، وذلك بسبب خلوها من الغطاء النباتي.

ولكن ما تأثير الغطاء النباتي على المناخ؟

للغطاء النباتي بأنواعه المختلفة كالغابات والحشائش وأشواك الصحاري، دور أساسي في إعطاء النتح، في المناطق التي توجد بها هذه الأشكال النباتية المعروفة. وكلما زاد التساقط كالمناطق الاستوائية كلما زادت نسبة النتح في تلك العروض الرطبة. وكلما حدث فصل جفاف كلما أدى لتقليل الرطوبة مثل مناطق البحر المتوسط والمناطق الموسمية. ويخفف النتح لحد كبير من حدة الجفاف، ومن الفرق الحراري اليومي. فبينما نجد درجة الحرارة في محطة العزيزية في ليبيا 56° مئوية بالنهار. وفي الليل تهبط إلى عشرين درجة مئوية ويكون الفرق

الحراري نحو 36° مئوية، نجد درجة الحرارة في محطة مدينة كامبالا الأوغندية Kambala بالنهار نحو 27° مئوية، وفي الليل 18° أي المدى يتراوح ما بين 7° إلى 9° درجات فما دون. نتيجة لوقوع الأولى في الصحراء الكبرى في ليبيا والثانية ضمن الغابة الاستوائية الكثيفة والمطيرة على خط الاستواء في أوغندة.



شكل رقم (128): يوضح توزيع أقاليم النشأة للكتل الهوائية البرية والبحرية القطبية والدافئة في العالم

وعليه، يشجع الباحثون في البيئة على تخضير المناطق العارية من النباتات، كالبوادي العربية والمرتفعات التي تعرضت للانجراف وزراعتها بمختلف أنواع الأشجار الحرجية، كأشجار الصنوبر والزعرور والبطم والرتم والاثل والنبق والسدر وغيرها لتخفيف حدة الجفاف، ومنع الانجراف وترطيب جو المناطق الجافة بالنتح الذي يفرزه النبات يومياً كعرق من الأوراق النباتية. كما يلاحظ الاهتمام الشديد بالأحزمة الخضراء حول المدن العصرية والحدائق المنزلية التي لا تخلو من زراعة الأشجار الحرجية أو المثمرة لزيارة عملية النتح من الأوراق النباتية. كما يلاحظ الاهتمام الشديد بالأحزمة أو المثمرة، لزيادة عملية النتح والحدائق المنزلية التي لا تخلو من زراعة الأشجار الحرجية أو المثمرة، لزيادة



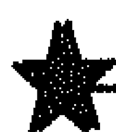
عملية النتح واعتدال المناخ المحلي، وزيادة كمية الأكسجين سواءً على مستوى المنزل أو المدينة والقطر معاً.

تأثير الكتل الهوائية على مناخ المكان

لا شك في أن لهذا العامل المناخي تأثيراً كبيراً على مناخ الأماكن التي تجاور هذه الكتل الهوائية. فمناخ كندا وروسيا الاتحادية والولايات المتحدة تتأثر لحد كبير بتحرك الكتل الهوائية القطبية البرية والبحرية؛ حينما تؤدي لانخفاض درجة الحرارة إلى ما دون درجة الصفر المئوي؛ في سواحل خليج المكسيك وسواحل غرب كندا، وأراضي السهول الجنوبية لروسيا الاتحادية. كما تؤثر الكتل المدارية الحارة على مناخ مصر وليبيا وشبه الجزيرة العربية لارتفاع درجة الحرارة مع الرطوبة، مع الكتلة المدارية فوق شبه القارة الهندية. ويصل تأثيرها لبلاد الشام، مما يؤدي لشعور المواطنين بالضيق، ولكن لا تلبث أن ترحل بعد عدة أيام مع مجيء الرياح الشمالية الغربية الباردة والمنعشة في الصيف ليعود الطقس المعتدل كما كان.

الفصل الخامس عشر

التصانيف المناخية



الفصل الخامس عشر

التصانيف المناخية

تصنيف كوبن.

تصنيف الأستاذ أوستن مللر.

أنواع المناخ.

أسس تقسيم المناخ.

تصنيف الأستاذ فلوهن.

الفصل الخامس عشر

التصانيف المناخية

سـوف نتنـاول تصـنيف الأسـتاذ فلاديمـير كـوبن Waldimir Keopen وتصنيف الأستاذ أوسـتن مللـر J. M. Austin وتصـنيف فلـوهن Flohn H. M على الترتيب.

تصنيف كوبن

اقترح الأستاذ فلاديمير كوبن حينما كان أسـتاذاً في جامعـة جزاتـز Gratz University في النمسا عام 1918م تصنيفاً مناخياً، صنف فيه سـطح الأرض إلى أقاليم مناخية متباينة. ومنذ ذلك الحين أدخل كوين علـى تقسـيمه السـابق عـدة إضافات وتعديلات إلى أن ظهرت خريطتـه المشـهورة لأقـاليم العـالم المناخيـة في مدينة برلين عام 1931م. وذلك في كتابـه الـذي نشـر تحـت عنـوان منـاخ العـالم Grundriss Der Klimakunde عام 1936م. ثـم قـام كـوين بعـد ذلـك بعمـل دراسات تفصيلية للأقاليم المناخية لبعض قارات العالم. وذلـك في كتابـه المكـون مـن خمسـة أجـزاء والمعـروف باسـم "دليـل علـم المنـاخ" Hand Buck Der Klimotologie. وظهرت خريطة كوبن للأقـاليم المناخيـة في العـالم دون تعـديل كبير في كتابه الذي تم نشره في عام 1936م، تحت عنوان النظام الجغـرافي للمنـاخ Das Geographischen System Klimatologie. وقد ارتكز تقسيم كوبن عـام 1936م على المتوسطات الشهرية والسنوية لكل من درجـات الحـرارة وكميـات التساقط. واعتبر هذا الباحث الاختلافـات النباتيـة الطبيعيـة انعكاسـاً للظـروف المناخية المتنوعة. وقد تناول دراسة أثر التساقط على نمو النباتات، إلا أنه أوضـح كذلك بأن شدة التبخـر Intensity of Evaporation تـؤدي إلى فقـدان كميـات

كبيرة من رطوبة التربة الأمر الذي ينجم عنه انعكاس على كثافة الغطاءات النباتية الطبيعية. وكذلك في مراحل نموها المختلفة؛ وبالتالي فإن كمية الأمطار الساقطة حسب دراساته والتي تحسب أحياناً كجزء من التساقط العام في مكان ما، لا تستفيد منها النباتات بكمياتها الفعلية، بسبب أن قسماً كبيراً منها يدخل ضمن نطاق المياه المفقودة.

وعليه، فقد ركز كوبن على حساب شدة التبخر وحجم المياه المفقودة من التربة والحجم الفعلي للمياه الذي تستفيد منه النباتات الطبيعية في مراحل نموها المختلفة[1].

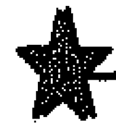
وحينما اقترح كوبن معادلاته المعروفة عن شدة التبخر قام أولاً بتحديد القيمة الفعلية للتساقط Precipitation Effectiveness على أنها تتضمن العلاقة المتبادلة بين كل من التساقط والحرارة، وقد رجح الأستاذ دي مارتون De Martone من قبل أن القيمة الفعلية للتساقط هي كالتالي:

$$ق = \frac{م}{ح+10} \quad \text{أي} \quad \frac{P}{T+10} \quad \gamma$$

$$\text{فالقيمة الفعلية للتساقط} = \frac{\text{المعدل السنوي للمطر بالملمترات}}{\text{المعدل الشهري بالدرجات المئوية}+10}$$

أما الدكتور كوبن Koppen فقد بين أن كمية المطر الساقطة فوق أقاليم مناخية حارة أو تجمع سقوطها في مكان ما خلال الفصل المرتفع الحرارة من السنة، وحيث يشتد التبخر تعد قيمتها قليلة بالنسبة لحاجة النبات. وهذا بخلاف الحال حينما تسقط نفس هذه الكمية من التساقط فوق أقاليم مناخية معتدلة

(1) Mounder, W. J.; A Human classification of Climate and Weather, 17, 1962, PP. 3-15.



الحرارة أو يتجمع سقوطها خلال الفصل المعتدل الحرارة، فإن قيمتها الفعلية تكون عالية.

وعليه، فقد اقترح هذا العالم بأن أقاليم الغابات الطبيعية تتفاوت في حاجتها الفعلية من التساقط "P" Precipitation بحسب موقعها الفلكي والجغرافي، ومن فصل لآخر في الموقع الواحد، كما اقترح كوبن بأن القيمة الفعلية للتساقط في إقليم الغابات خلال فصل الصيف ينبغي أن تكون ضعف المتوسط السنوي للحرارة بالدرجات المئوية ""Temperature "T" وبذلك تصبح المعادلة في هذه الحالة كما يلي:

م = 2 (ح) أي P = 2 (T)

وتحتاج هذه الغابات خلال فصل الصيف إلى كميات من التساقط أكبر مما كانت عليه في فصل الشتاء، حتى يمكن لها أن تعوض الفاقد من المياه بالتبخر. وفي هذه الحالة تكون القيمة الفعلية للتساقط كما يلي:

م = 2 (ح + 14) أي P= 2 (T + 14)

كما يرى الأستاذ كوبن بأن القيمة الفعلية للتساقط طيلة العام[(1)] بالنسبة للمناطق الغابية يتحتم ألا تقل عما يلي:

م = 2 (ح + 7) أي P = 2 (T + 7)

وقد رجح هذا العالم المعامل الثابت على أساس أن أدنى درجة حرارة يمكن أن يستفيد منها النبات عند سقوط المطر، ينبغي ألا تقل عن ناقص 7 درجات تحت الصفر المئوي، حتى لا تكون التربة متجمدة، وألا يكون التساقط هنا على شكل ثلوج.

---

(1) Shear, J. A.; The Polar Marine Climate, the Association of American Geogr. 1964.



وعليه، فإن كوبن لم يهتم بحساب القيمة الفعلية للأمطار، لأي منطقة من العالم إذا انخفض المعدل السنوي لدرجة حرارتها عن ناقص سبع درجات مئوية تحت الصفر المئوي. ولكن الأستاذ تريوارثا G. T. Trewartha قد اعترض على هذه المعادلات عام 1954م، والتي اقترحها الأستاذ كوبن[1]، لحساب كمية التساقط الفعلية للمناطق المختلفة.وأكد على أنها غير مرضية بصورة تامة. ذلك لأن معادلات كوبن للقيمة الفعلية للتساقط بالنسبة للأقاليم الصحراوية هي كالتالي:

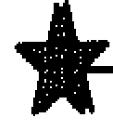
م = (ح + 7) أو P = (T + 7)

ولهذا فيرى تريوارثا أنها في حاجة إلى التعديل. ويتساءل تريوارثاً كيف يمكن أن تكون القيمة الفعلية للتساقط في الصحاري الحارة الجافة صيفاً؛ تعادل المعدل الشهري لدرجة الحرارة مضافاً إليه المعامل الثابت؛ في الوقت الذي لا تسقط فيه أي كمية أمطار في هذه المناطق؟!!

وقد تأثر كوبن Koppen عند تقسيمه سطح العالم إلى أقاليم مناخية؛ بالتقسيم الذي اقترحه قبله الأستاذ ديكانولي A. Decanoli عام 1874م، وهو التقسيم الذي ميز فيه هذا الباحث خمسة أقاليم نباتية كبرى في العالم وهي:

1. نباتات الأقاليم الحارة المطيرة = Megatherms.
2. نباتات الأقاليم الجافة وشبه الجافة = Xerophytes.
3. نباتات الأقاليم المعتدلة الدفيئة = Mesotherms.
4. نباتات الأقاليم الباردة الرطبة = Mikotherms.

(1) Trewartha, g. T.; and L. H.; An Introduction to Climate. N. Y. McGraw – Hill, Book Company, 1980 after Driscoll, d. M. PP. 174-183.



5. نباتات المناطق القطبية = Hekistotherms.

وعليه قسم الأستاذ كوبن سطح الأرض إلى خمسة أقاليم مناخية كبرى، ورمز لكل منها بحرف من الحروف الأبجدية اللاتينية التالية وهي:

A وترمز إلى الإقليم المناخي المداري الرطب.

B وترمز إلى الإقليم المناخي الجاف.

C وترمز إلى الإقليم المناخي المعتدل الدافئ الرطب.

D وترمز إلى الإقليم المناخي البارد الرطب.

E وترمز إلى الإقليم المناخي القطبي.

وقد استخدم كوبن بعض الحروف اللاتينية الصغيرة لتدل على خصائص درجات الحرارة وكميات التساقط وفصليته. وذلك عند تصنيفه للأنواع المناخية الثانوية داخل الأقاليم المناخية الرئيسة. وتتمثل الرموز التي استخدمها كوبن للتعبير عن الاختلافات الحرارية فيما يلي:

a = وترمز إلى صيف حار، حيث تزيد درجة حرارة أدفأ شهور السنة عن 22 مئوية (71.6° ف). ويتمثل في مناخ C ومناخ D.

b = وترمز إلى صيف دافئ، حيث تقل درجة حرارة أدفأ شهور السنة عن 22 مئوية ويتمثل في مناخ نوع C ومناخ نوع D.

c = وترمز إلى صيف قصير بارد أقل من أربعة أشهر. ويبلغ متوسط درجة حرارته 10 مئوية. ويتمثل في مناخ C ومناخ D.

d = وترمز إلى شتاء بارد جداً، حيث تبلغ درجة حرارة أبرد أشهر السنة فيه أقل من 3.8°- مئوية. ويتمثل في مناخ D فقط.

h = وترمز إلى مناخ جاف شديدا لحرارة، ويزيد متوسط الحرارة السنوية فيه عن 18° م (64.4 ° ف) ويتمثل في مناخ B فقط.

k = وترمز إلى مناخ جاف وبارد. ويقل فيه متوسط الحرارة السنوية عـن 18° م ويتمثل في مناخ B فقط.

n´ = وترمز إلى مناخ جاف ولكنه يتصف بأنه كثير الضباب.

n = وترمز إلى مناخ جاف ولكن نسبة الرطوبة في هوائه مرتفعة.

ويتمثل النوعان n´ و n عـادةً في منـاطق الصـحاري السـاحلية مثـل سـاحل مراكش وساحل موريتانيا وناميبيا وكاليفورنيا.

i = وترمز إلى مناخ مداه الحراري السنوي منخفض.

k´ = وترمز إلى مناخ جاف وبارد.

أمـا فيمـا يتعلـق بالاختلافـات في كميـات التسـاقط فقـد عـبر عنهـا كـوبن باستخدامه حروفاً أبجدية لاتينية صغيرة وهي:

f = وترمز إلى مناخ رطب وممطـر طيلـة العـام. ولا يوجـد فيـه فصـل جـاف ويتمثل هذا النوع من المناخات في مناخات A, C, D.

m = وترمز إلى منـاخ لـه نظـام مـوسمي أو شـبه موسمي،ويتمثـل في المنـاخ الموسمي الرطب من نوع A.

s = وترمز إلى مناخ جاف صيفاً[1].

w = وترمز إلى مناخ فيه فصل شتاء جاف.

هذا بالإضافة إلى استخدامه لحرفين من حروف الأبجدية اللاتينيـة الكـبيرة وهمـا S وW ليرمزا إلى بعض الاختلافات المناخية في المناخ الجاف B، حيث إن:

BW تدل على المناخ الصحراوي الحار الجاف تماماً.

BS وتدل على المناخ الجاف من نوع السهوب (الاستبس) Asteppes.

---

(1) Trewartha, G. T.; OP. Cit.



وتتلخص السمات والخصائص العامة للأقاليم المناخية الخمسة الكبرى، وأنواعها الثانوية التي ميزها فلاديمير كوبن فيما يلي:

1. إقليم المناخ المداري الرطب "A" Tropical Rainy Climate

وترتفع فيه درجة حرارة أي شهر من شهور السنة عن 18°م (64.4 °ف) وتتنوع الأقاليم المناخية الثانوية في داخل هذا الإقليم تبعاً لكمية التساقط السنوي وفصلية المطر والتي تؤثر بدورها في نوع الغطاءات النباتية وكثافتها، ولذلك قام كوبن بتصنيف الأنواع الثانوية التالية:

أ. نوع مناخ Af: ويتصف هذا النوع من المناخ بأنه مطير طيلة العام (مناخ استوائي)، حيث تزيد درجة الحرارة في أي شهر من شهور السنة عن 18°م (64.4 °ف) ولا تقل كمية المطر في أي شهر من أشهر السنة، كذلك عن 2.4 بوصة. وتنمو فيه أشجار الغابات الاستوائية الكثيفة.

ب. نوع مناخ AW: ويتميز هذا النوع من المناخ الثانوي بأنه ذو فصل جاف وقصير، حيث تقل فيه كمية التساقط الشهري عن 2.4 بوصة. وبذلك تؤدي هذه الظروف المناخية لنمو أعشاب السفانا الطويلة الخشنة.

ج. نوع مناخ Am: ويرمز هذا النوع من المناخ الثانوي إلى المناخ الموسمي الحار الرطب، والذي يتمثل على وجه الخصوص في جنوب شرق آسيا، ويتسم بأنه غزير المطر صيفاً، وفيه فصل جاف قصير خلال الشتاء يزيد طوله عن ثلاثة أشهر.

2. إقليم المناخ الجاف "B" Dry Climates

ويعزى سبب جفاف هذا الإقليم المناخي إلى أن القيمة الفعلية للتبخر تزيد عن تلك المكتسبة بالأمطار. وتبعاً لاختلاف درجة حرارة الأقاليم المناخية الجافة قد صنف كوبن هذا الإقليم إلى إقليمين ثانويين هما:



أ. نوع المناخ الصحراوي الجاف: BW

وإذا كان هذا الإقليم المناخي مرتفع الحرارة فيرمز إليه بالحروف BWh، وتمثله مدينة بغداد وعين صالح في الصحراء الكبرى وكلهاري وناميبيا وأريزونا وبيرو وصحاري وسط وغرب أستراليا وصحاري شبه الجزيرة العربية. أما إذا تمثل فيه فصل بارد فيرمز إليه بالحروف BWk مثل صحاري العراق وبادية الشام وصحراء غوبي Gobi ومنغوليا، وتمثله مدينة تدمر في بادية الشام.

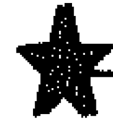
أما المناخ الصحراوي المعتدل شبه الجاف فيرمز إليه بـ BS. وإذا كان هذا الإقليم المناخي مرتفع الحرارة فيرمز إليه بالحروف BSh وتمثله مدينة تمبكتو عاصمة جمهورية مالي. وإن تمثل فيه فصل بارد فيرمز إليه بالحروف BSk، وتمثله مدينة طهران عاصمة الجمهورية الإيرانية[1].

3. إقليم المناخ المعتدل الدافئ الرطب Humid Mesotheral "C" Climates

لقد اهتم كوبن بدراسة الاختلافات الحرارية الشهرية في هذا الإقليم المناخي، وعلى أساس أن درجة حرارة أبرد شهور السنة. تتراوح ما بين 18° إلى 3° مئوية (64.4 °ف) إلى 26.6 ° ف) مع اختلاف كمية التساقط السنوي وفصليته. كما قام هذا العالم بتصنيف ثلاثة أنواع من الأقاليم المناخية الثانوية وهي:

أ. نوع مناخ دافئ جاف شتاءً ويرمز له بالرمز "CW" وهو مناخ موسمي معتدل ومناخ أقاليم السفانا.

(1) Jones, S. B.; Classification of North American Climates, Geogr. Vol. 8, 1982, PP. 210-221.



ب. نوع مناخ دافئ جاف صيفاً ويرمز له بـ "Cs"، وهو مناخ البحر المتوسط.

ج. نوع مناخ دافئ رطب صيفاً ويرمز له بـ "Cf"،وهو مناخ شرق القارات في العروض المعتدلة.

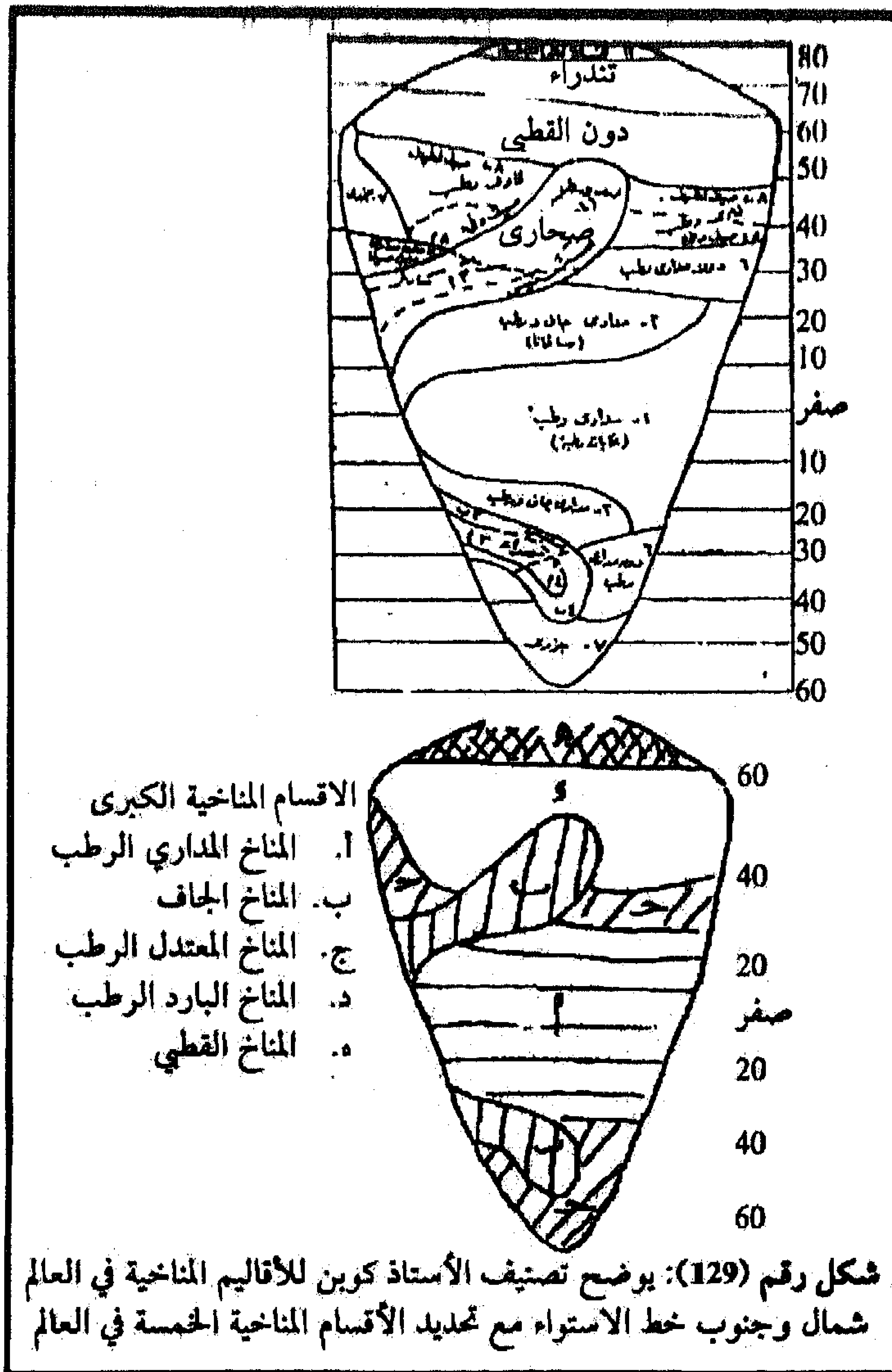
4. إقليم المناخ البارد الرطب Humid Microthermal "D" Climates

ويتميز هذا الإقليم المناخي بأن أبرد شهور السنة فيه تقل درجة حرارته عن 26.6 ° ف. وأن أدفأ شهور السنة تزيد عن 50° ف، وهو الحد الذي يتفق مع حد النمو لمعظم النباتات في رأي الأستاذ كوبن. وبناءً على فصليّة المطر صنف كوبن إقليمين مناخيين ثانويين هما:

أ. نوع المناخ البارد المطر طيلة العام: "Df"، وتغزر في هذا النوع من المناخات الثانوية الأمطار في فصل الشتاء.

ب. نوع المناخ البارد: "DW" ويتصف بحدوث فصل جاف في فصل الشتاء.





شكل رقم (129): يوضح تصنيف الأستاذ كوبن للأقاليم المناخية في العالم شمال وجنوب خط الاستواء مع تحديد الأقسام المناخية الخمسة في العالم

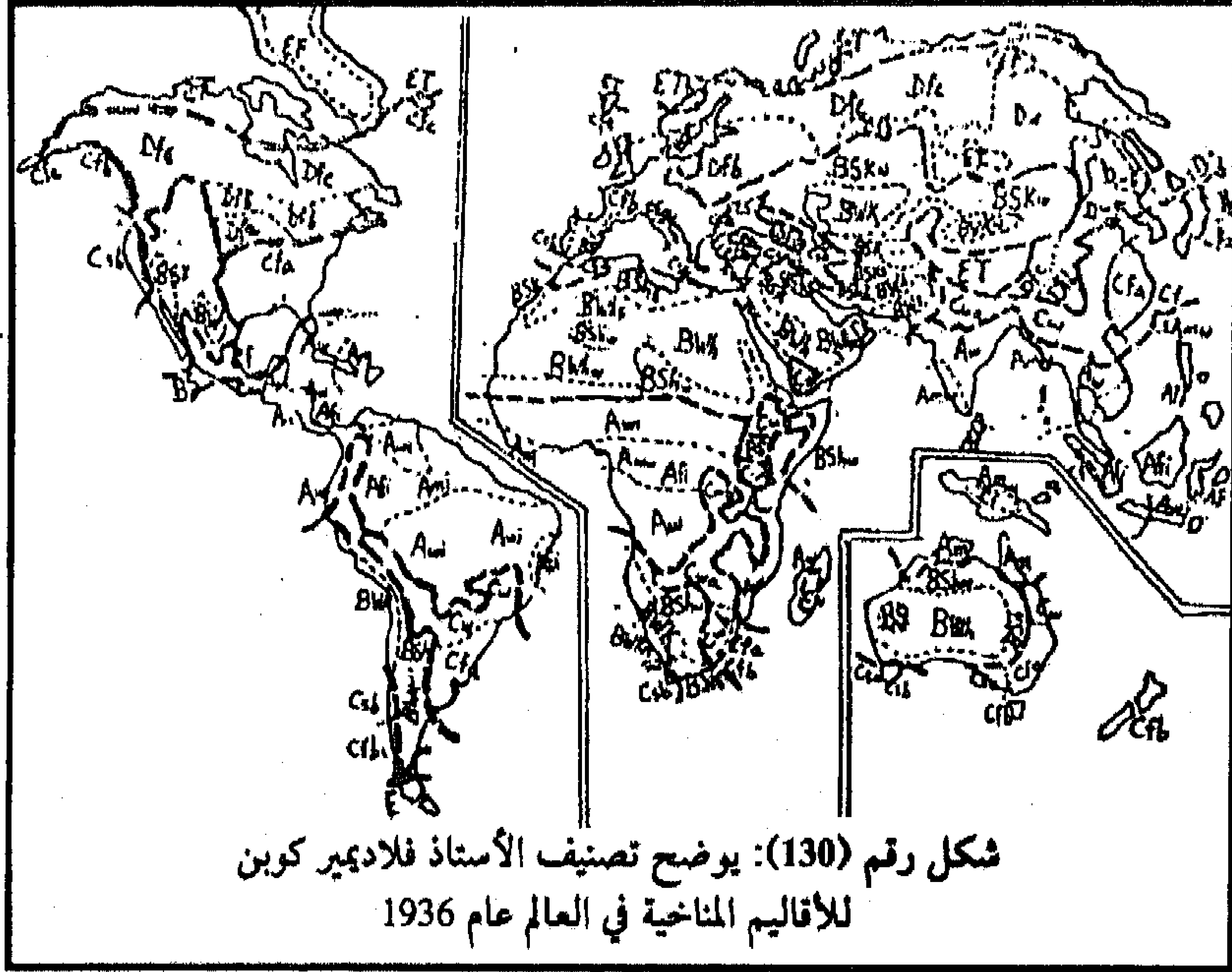
5. إقليم المناخ القطبي "E" Polar Climates

وقد صنف كوبن مناخين ثانويين في هذا الإقليم وهما:

أ. مناخ نوع التندرا "ET"، وفيه فصل نمو قصير ترتفع درجة الحرارة فيه عن درجة الصفر المئوي لمدة لا تزيد عن ثلاثة أشهر.



ب. مناخ النوع الجليدي "EF"، ويتصف هذا النوع من المناخات بأنه لا يوجد فيه فصل نمو، بل تنخفض فيه درجة حرارة كل أشهر السنة عن درجة الصفر المئوي[1].



شكل رقم (130): يوضح تصنيف الأستاذ فلاديمير كوبن للأقاليم المناخية في العالم عام 1936

1. من الصعوبة بمكان أن يضع الباحث حدوداً تفصل بدقة بين كل إقليم مناخي وآخر. وذلك يعزى إلى أن التغير من إقليم مناخي إلى آخر، يحدث بصورة تدريجية وليس تغيراً فجائياً، كما يبدو في كثير من الحدود التي اقترحها الأستاذ كوبن Koppen، والتي تفصل بشدة بين الأقاليم المناخية المتجاورة. ولذلك تجاهل هذا التصنيف المناخي مشكلة المناطق الهامشية Marginal Areas الواقعة عند أطراف كل إقليم مناخي، والتي يمكن اعتبارها ضمناً لأي من الأقاليم المناخية الواقعة بجوارها.

(1) Ackerman, E. A.; The Koppen Classifican of Climates in North America, Geogr. Rev. Vol. 31, 1977, PP. 105-111.



2. النقص الكبير في عدد محطات الأرصاد الجوية على سطح الأرض وقلة كثافة البيانات والمعلومات المناخية اللازمة حينذاك عام 1936م، بحيث يمكن اقتراح الحدود الفاصلة بين إقليم مناخي وآخر بصورة أكثر دقة وشفافية.
3. اعتمد الأستاذ كوبن عند تقسيمه الأقاليم المناخية الثانوية الواقعة داخل كل إقليم على الأسس والمعادلات التي اقترحها لتمييز تلك الأقاليم، أكثر من اعتماده على البيانات والإحصاءات المناخية الفعلية الخاصة بها. فعلى سبيل المثال اعتبر كوبن إقليم بوجت ساوند Puget Sound ذو المناخ المعتدل البارد وبغاباته المشهورة المعروفة باسم شريين دوجلاس DouglasFir Forests تابعاً لمناخ البحر المتوسط "Cs". أي مع القسم الأوسط من كاليفورنيا في غرب الولايات المتحدة، هذا على الرغم من الفرق الكبير بين خصائص وسمات هذين الإقليمين من الناحية المناخية.
4. كما أن المعادلات التي استخدمها كوبن عند تصنيفه للأقاليم المناخية الثانوية في المناطق الجبلية، داخل نطاق إقليم المناخ القطبي "E"، هي نفس تلك المعادلات التي استخدمها عند تصنيف الأقاليم المناخية الثانوية في المناطق المنخفضة المنسوب في هذا الإقليم المناخي القطبي، وبالتالي لم تظهر هذه الدراسة الاختلافات المناخية فيما بين تلك الأقاليم المناخية الثانوية ولم يستطع كوبن تمييز أقاليم مناخية ثانوية داخل نطاق التندرا Tundra.



شكل رقم (131): يوضح تصنيف الأستاذ كوبن للأقاليم المناخية في العالم على قارة افتراضية شمال وجنوب خط الاستواء

5. لقد اعتبر معظم الباحثين في هذا المجال أن تصنيف الأستاذ كوبن يُعَدُّ تقسيماً وصفياً تجريبياً. إلا أن لهذا التصنيف محاسنه ومزاياه التي لا يمكن تجاهلها، خاصةً بالنسبة لدارس علم المناخ تبعاً لبساطته، وحسن اختيار الأستاذ كوبن للرموز الهجائية المعبرة عن السمات والخصائص المناخية لكل من الأقاليم المناخية الرئيسة والثانوية معاً. ولذلك شاع استخدام هذا التقسيم المناخي كنموذج راسي للتصانيف المناخية المختلفة، بحيث أصبح هذا التصنيف الألماني يدرس حالياً في الجامعات الأمريكية الحديثة[1].

(1) Driscoll, J. F. and Griffiths, D.; Op Cit.



وخلاصة القول، لقد كان هدف هذا العالم الجغرافي الألماني، تقديم تصنيف مناخي يعتمد على أسس إحصائية دقيقة، بحيث يستطيع أي باحث في هذا المجال استخدامه بسهولة ويسر. كما أنه حاول أن يجعل حدود أقاليمه المناخية الرئيسة والثانوية، تتماشى وتتواءم مع حدود الأقاليم النباتية. لأنه كان يؤمن بالارتباط الوثيق بين الظروف المناخية وتوزيع النباتات. وقد ظهر أول تصنيف له عام 1900م واستخدم فيه المعدلات الشهرية للحرارة والمطر[1].

وقد قام هذا العالم بتعديل تصنيفه هذا عدة مرات في السنوات 1918م و1923م و1928م و1931م. وأخيراً ظهر التصنيف الأخير عام 1936م في كتابه HandBuch der Klimatologie[2].

أما فيما يتعلق بتمييزه بين الأقاليم المناخية الثانوية فوضع المعادلات التالية وهي:

فصل المطر الحد بين Bs والمناخ Af الحد بين BS وBW

إذا كان المكان مطره صيفي فإن رمز "م" = 0.44 × (ح − 3)

أي أن $م = \frac{0.44 \times ح}{2} - 3$

أما إذا كان المكان مطره شتوياً فإن م = 0.44 × (ح − 14)

أي أن $م = \frac{0.44 \times ح}{2} - 14$

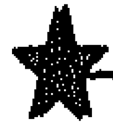
وأما إذا كان المكان مطره طيلة العام فإن م = 0.44 × (ح − 8.5)

أي أن $م = \frac{0.44 \times ح}{2} - 8.5$

---

(1) د. فايد، جغرافية المناخ والنبات، بيروت، 1971م.

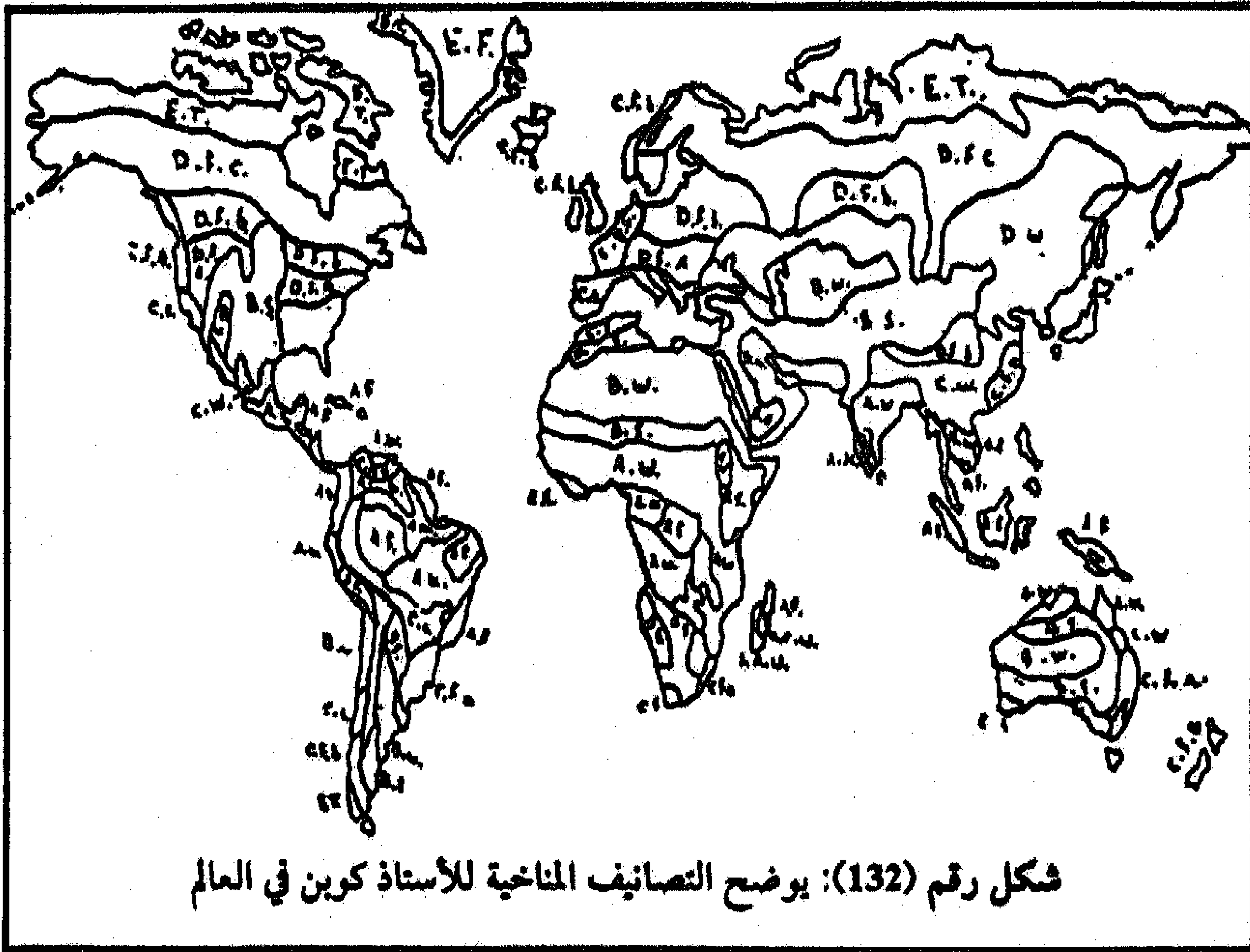
(2) Geiger, R.; Op. Cit.



حيث أن الرمز "م" تساوي كمية المطر السنوي عند منطقة الحد الفاصلة بين الإقليمين.

أما الرمز "ح" فهي تمثل معدلات الحرارة السنوية في المكان.

كذلك صنف كوبن الإقليم القطبي "E" إلى قسمين وهما ET وهي إقليم التندرا Tundra وفيه تكون درجة الحرارة في أدفأ شهور السنة فوق درجة الصفر المئوي (32 ف)، والإقليم الثاني أعطاه الرمز "EF" وفيه تكون درجة الحرارة في أدفأ شهور السنة تحت درجة الصفر المئوي. وتمثله الغطاءات الجليدية في جزيرة غرينلاند والقارة القطبية الجنوبية.



شكل رقم (132): يوضح التصانيف المناخية للأستاذ كوبن في العالم

تصنيف الأستاذ أوستن مللر Austin, M. A

لقد قام الأستاذ أوستن مللر Miller, A. Austin بتصنيف المناخ في العالم



معتمداً في ذلك على ما اقترحه الأستاذ الفرنسي دي مارتون عام 1925م[1]. ولكن الفرق بينهما أن ديمارتون وضع المعدل 20 ° مئوية لتحديد الأقاليم الحارة، والمعدل 10° مئوية لتحديد الفصل البارد في الأقاليم المعتدلة والباردة معاً. أما الأستاذ مللر فيستخدم المعدل 18° مئوية في تحديده للأقاليم الحارة، والمعدل 6 ° مئوية في تحديده للفصل البارد في الأقاليم المعتدلة والباردة. ولكنه عدل عنه، بل عدل معظم التصنيفات المناخية الأخرى حيث ركز على العلاقة الوثيقة بين المناخ والحياة النباتية العامة بطريقة أكثر تحديداً وواقعية.

فقد قام مللر بتصنيف الأنواع المناخية المختلفة، والتي تظهر في المناطق المعتدلة والباردة على أساس طول الفصل البارد أو الفصل الدافئ في كل منها. ورغم أن هذا الأساس هو نفس المبدأ الذي اعتمد عليه معظم الباحثين الآخرين في تصنيفاتهم المناخية، إلا أن الحد الذي اقترحه أوستن مللر لهذين الفصلين هو المعدل الحراري 6° مئوية. وهو المعدل الذي يعتبر في نظر العديد من الباحثين بهذا الصدد حد أدنى، بحيث لا تستطيع معظم النباتات أن تنمو في أقل منه، ويطلق عليه لهذا السبب اسم "صفر النمو".

ويعتبر أوستن مللر أن الفصل الدافئ هو الفصل الذي يطلق عليه اسم فصل النمو. أما الفصل البارد فيتواءم مع الفقرة التي يتوقف أثناءها نمو بعض النباتات، حينما تنخفض معدلاتها الحرارية عن صفر النمو والبالغ 6° مئوية.

وعلاوةً على ما سبق، فقد ركز الأستاذ مللر في تصنيفه المناخ العالمي على العلاقة الوثيقة بين توزيع الحرارة والأمطار على أشهر وفصول السنة. آخذاً بعين الاعتبار أن القيمة الفعلية للأمطار لا تتمثل في مقدار ما يسقط منها في المنطقة فحسب، وإنما تعتمد بالدرجة الأساسية على درجة حرارة الفصل الذي تسقط

(1) De Martonne, E.; Geographic Physique, 1952.

فيه، وانعكاس ذلك على حياة النباتات ومراحل نموها. وقد قام مللر بوضع تقسيم مناخي لأقاليم العالم المختلفة، وأعطى رمزاً معيناً لكل نوع من الأنواع التي يشملها التقسيم. كما أعطى كذلك رقم معين، وقد أعطيت الأماكن التي يسود فيها النظام المناخي الموسمي بالحرف ((m)) اختصاراً لكلمة Monsoon. والذي يمكن أن نستبدله بالحرف (م). إلا أن الرموز التي تستخدم في هذا التصنيف ليست لها معان دقيقة ومحددة مثل الرموز التي وضعها الأستاذ كوبن Koppen، بل أنها تتخذ كما يذكر الأستاذ مللر نفسه كعلامات تقريبية وليس من المحتم التقيد بها ما دام بالإمكان استبدالها بغيرها.

1. فالمناخ A

هو حار ولا يقل المتوسط السنوي لدرجة الحرارة فيه عن 18 ° مئوية. حيث يضم معظم الأقاليم الاستوائية والمدارية، ويضم الأنواع المناخية التالية وهي:

أ. مناخ استوائي وله قمتان للأمطار تتواءمان مع فصلي الربيع والخريف. ويسود هذا النوع من المناخ في منطقة الركود الاستوائي. كما أن كل أمطاره تسقط بفعل التيارات الهوائية الصاعدة، الأمر الذي يدفع بعض الباحثين في المناخ أن تسمى بالأمطار الانقلابية.

- مناخ نوع استوائي، وله نظام موسمي.

ب. مناخ نوع مداري بحري وأمطاره تتوزع توزيعاً منتظماً على جميع أشهر السنة، ويظهر هذا النوع من المناخ على السواحل الشرقية للقارات، في المناطق التي تتعرض طول العام لهبوب الرياح التجارية التي تهب من جهة المسطحات المائية.



ج. مناخ نوع مداري قاري أمطاره صيفية من نوع الأمطار الاستوائية، والتي تسقط نتيجة لتزحزح منطقة الركود الاستوائي تبعاً لحركة الشمس الظاهرية.

2. B مناخ معتدل دافئ (أو شبه مداري):

لا يوجد فيه فصل بارد، بمعنى آخر يتصف هذا النوع من المناخ بأن معدل درجة الحرارة لا ينخفض فيه في أي شهر من شهور السنة عن 6 مئوية، ويضم الأنواع المناخية التالية:

أ. مناخ نوع غرب القارات (مناخ البحر المتوسط) ويمتاز بأن أمطاره تسقط معظمها في فصل الشتاء.

ب. مناخ نوع شرق القارات ويتسم هذا النوع من المناخ بأن أمطاره تسقط طيلة العام.

ج. مناخ نوع شرق القارات الموسمي ويتصف هذا النوع من المناخات الثانوية بأن أمطاره تبلغ أقصى قمتها في فصل الصيف.

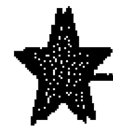
3. C مناخ معتدل بارد

ويتصف هذا النوع من المناخات الرئيسة بوجود فصل بارد، حيث يتراوح طوله بين شهر واحد وخمسة أشهر. ولا يرتفع المتوسط الشهري لدرجة الحرارة في أي شهر منها عن 6 مئوية (43 ف). ويضم الأنواع المناخية الثانوية التالية:

أ. مناخ نوع بحري تسقط أمطاره طيلة العام ولكن قد تكون لها قمة شتوية.

ب. مناخ نوع قاري وتسقط معظم أمطاره في فصل الصيف.

ج. مناخ نوع قاري موسمي يتصف هذا النوع من المناخ بأن أمطاره صيفية، ولكنها أغزر منها في النوع رقم (2) أي النوع القاري السابق.



4. D مناخ بارد

ويتميز هذا النوع من المناخات بأن معدل درجة الحرارة فيه لا تزيد عن 6 مئوية (43 ف) في ستة أشهر على الأقل. ويلاحظ أن الأنواع التي يشملها هذا النوع من المناخات تتشابه في تصنيفها مع الأنواع التي يشملها المناخ المعتدل البارد وهي كما يلي:

أ. مناخ نوع بحري أمطاره طيلة السنة ولكن قد تكون لها قمة شتوية.

ب. مناخ نوع قاري موسمي وتسقط معظم أمطاره في فصل الصيف ولكنها تكون أغزر منها في النوع السابق رقم (2) أي النوع القاري.

5. E المناخ القطبي

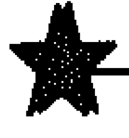
ويمتاز هذا النوع من المناخات ببرودته الشديدة طيلة العام، بحيث لا يزيد المتوسط الحراري عن 43 ف في تسعة أشهر على الأقل، وربما تتغطى الأرض بالجليد طول العام.

6. F مناخ الصحارى

ويتميز هذا النوع من المناخات ألا يزيد متوسط كمية الأمطار السنوية الساقطة فيه عن 10 بوصات (25.4 سنتمتر) (254 مليمترا). ويضم هذا المناخ النوعين الآتيين وهما:

أ. مناخ نوع الصحارى الحارة، وفيه لا ينخفض متوسط درجة الحرارة في أي شهر من الشهور عن 6° مئوية (43 ف) أو دون ذلك.

ب. مناخ نوع الصحاري الباردة، وفيه يجب أن يوجد فيه فصل بارد لا يقل طوله عن شهر واحد. وتكون درجة الحرارة أثناءه 6° مئوية (43° ف) أو دون ذلك.



G .7 مناخ الجبال

وسوف نقوم بتلخيص ما جاء في تصنيف هذين الباحثين، وهما: العالم الألماني فلاديمير كوبن والأستاذ أوستن مللر الإنجليزي وهو كما يلي:

أ. الأقاليم الحارة: وفيها لا ينخفض المعدل الشهري لدرجة الحرارة في أي شهر من شهور السنة عن 18 مئوية (فيما عدا المناطق الجبلية)، وهي تضم الأقاليم الآتية:

* الأقاليم الاستوائية: وتتميز هذه الأقاليم بأنها مطيرة طيلة العام، بسبب التيارات الهوائية الصاعدة.

* الأقاليم المدارية، وتشمل ما يلي:

- الأقاليم المدارية الممطرة صيفاً بسبب التيارات الهوائية الصاعدة وهي تمثل مناخ السودان.

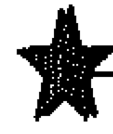
- الأقاليم المدارية البحرية التي يسقط مطرها طيلة العام بسبب الرياح التجارية. وتمثل نوع مناخ موزمبيق.

* الأقاليم الموسمية وتشمل ما يلي:

- الأقاليم الموسمية الاستوائية، وهي ممطرة طيلة العام بسبب التيارات الهوائية الصاعدة والرياح الموسمية وتمثل نوع مناخ أندونيسيا.

- الأقاليم الموسمية المدارية وتتصف هذه الأقاليم بأنها مطيرة صيفاً، وتمثل نوع مناخ الهند. ولكن بعضها مطيراً شتاءً كذلك بسبب الرياح الموسمية الشتوية من نوع مناخ الفلبين.

* مناخ الجبال في الأقاليم الحارة.



ب. الأقاليم المعتدلة الدافئة: وتتسم هذه الأقاليم بأن درجة الحرارة لا تقل في أي شهر من شهور السنة عن 6° مئوية. وتشمل ما يلي:

* الأقاليم المعتدلة الدافئة الواقعة في غرب القارات: ويتميز هذا النوع من الأقاليم بأنه مطير شتاءً بسبب المنخفضات الجوية والرياح الغربية كما هو الحال في مناخ البحر المتوسط، وبعضها مطير طيلة العام حيث تتمثل في سواحل البرتغال.

* الأقاليم المعتدلة الدافئة الواقعة في شرق القارات: ويتمثل هذا النوع من المناخ في منطقة ناتال في جنوب إفريقية، والتي تسقط أمطارها طيلة العام بفعل الرياح التجارية في فصل الصيف، وبفعل المنخفضات الجوية في فصل الشتاء.

* الأقاليم الموسمية المعتدلة الدافئة: ويتصف هذا النوع من الأقاليم بأنه مطير صيفاً بفعل الرياح الموسمية الصيفية، وبعضها مطير في الشتاء مثل تايوان والجزر القريبة منها (مناخ نوع وسط الصين).

ج. الأقاليم المعتدلة الباردة: وفي هذا النوع من المناخات ينخفض المعدل الشهري لدرجة الحرارة في فصل الشتاء عن 6° مئوية (صفر النمو) وتشمل:

* الأقاليم المعتدلة الباردة في غرب القارات: وتتسم هذه الأقاليم بأنها مطيرة طيلة العام بفعل المنخفضات الجوية والرياح الغربية (مناخ غرب أوروبا).

* الأقاليم المعتدلة الباردة القارية في وسط القارات: ويتميز هذا النوع من

الأقاليم المناخية بأنه مطير في فصل الصيف والربيع بسبب التيارات الصاعدة والمنخفضات الجوية، ويمثل نوع مناخ شرق أوروبا[1].

* الأقاليم المعتدلة الباردة والموسمية: ويتصف هذا النوع من المناخات بأنه ممطر صيفاً بفعل الرياح الموسمية الصيفية، وبعضها مطير شتاءً بسبب الرياح الموسمية الشتوية مثل جزر اليابان أو بسبب المنخفضات الجوية مثل شمال الصين ونوع كوريا.

د. الأقاليم الباردة: ويتميز هذا النوع من المناخات بأن معدل درجة الحرارة ينخفض في بعض أشهر فصل الشتاء عن درجة التجمد. ويشمل ما يلي:

* الأقاليم الباردة في شمال غرب أوروبا وشمال غرب أمريكا الشمالية: وتتميز بأنها مطيرة طيلة العام بسبب الرياح الغربية والمنخفضات الجوية، وتمثل نوع مناخ النرويج.

* الأقاليم الباردة القارية في وسط شمال أوراسيا، وشمال أمريكا الشمالية: ويتميز هذا النوع بأنه مطير في فصل الصيف، حيث يتمثل في مناخ النوع السيبيري.

* الأقاليم الباردة الموسمية في شمال شرق أوراسيا، وشمال شرق أمريكا الشمالية: ويتصف هذا النوع من المناخات بأنه مطير بالصيف بفعل الرياح الموسمية الصيفية، وقد تمطر بعض جهاتها شتاءً بفعل المنخفضات الجوية، ويتمثل في نوع المناخ المنشوري.

هـ. الأقاليم القطبية: ويتصف هذا النوع بأن معدل درجة الحرارة فيه ينخفض

(1) د. حسن أبو العينين، المرجع نفسه.

في معظم شهور السنة عن درجة التجمد. وقد يرتفع في أشهر الصيف إلى نحو 6 درجات مئوية أو أكثر قليلاً. وهي تشمل ما يلي:

* أقاليم التندرا في شمال أوراسيا وشمال كندا.

* أقاليم الثلج الدائم ويتمثل في مناخ نوع وسط جزيرة غرينلند.

و. الأقاليم الصحراوية: ويحددها معامل الجفاف م = ح + 9. حيث أن الحرف (م) يعني كمية المطر بالملمترات والحرف (ح) يعني معدل درجة الحرارة بالمئوي[1]. وهي بعبارة أخرى تلك الأقاليم التي يقل فيها كمية المطر بالسنتمترات عن درجة الحرارة بالدرجات المئوية، مضافاً إليها معامل ثابت هو (9). ويمكننا أن نقسمها بناءاً على المعدلات الحرارية إلى الأقسام التالية:

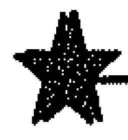
* الصحاري الحارة: وفي هذا النوع من الصحاري لا ينخفض المعدل الحراري في أي شهر من شهور السنة عن 13 م (55.4 ف). ويتمثل خير تمثيل في نوع مناخ الصحراء الكبرى الإفريقية.

* الصحاري المعتدلة: ويتمثل هذا النوع من الصحاري في (بادية الشام)، وفيه لا ينخفض المعدل الحراري في أي شهر من شهور السنة عن 6 درجات مئوية.

* الصحاري الباردة: وفي هذا النوع من المناخات ينخفض المعدل في بعض أشهر الشتاء إلى ما دون درجة التجمد. ويتمثل خير تمثيل في نوع مناخ وسط آسيا[2].

(1) د. يسري الجوهر، المرجع نفسه.

(2) Griffith, J. F. and Driscoll, M. D.; Op, Cit, PP. 205-232.



ويمكن حصر رموز أنواع المناخات التي صنفها كوبن في العـالم في الجـدول التالية:

جدول رقم (9): يوضح أنواع المناخات التي صنفها الأستاذ كوبن في قارات العالم المختلفة

الرمز	الأقاليم	المميزات العامة
	إقليم النباتات المدارية A	
Af	الغابات المدارية المطيرة	حار- ماطر في جميع الفصول
Am	إقليم موسمي مداري	حار- ماطر فصلي غزير
Aw	السفانا المدارية	حار - جاف في فصل (الشتاء عادةً)
	الأقاليم الجافة B	
Bsh	الإستبس المدارية	شبه جاف - حار
Bsk	إستبس العروض الوسطى	شبه جاف - بارد نسبياً أو بارد
Bwh	الصحاري المدارية	جاف - حار
Bwk	صحاري العروض الوسطى	جاف - بارد نسبياً أو بارد
	الأقاليم المعتدلة الدفيئة المطيرة- شتاء معتدل C	
Cfa	شبه المداري الرطب	شتاء معتدل - رطب طوال العام - صيف طويل حار
Cfb	المناخ البحري	شتاء معتدل - رطب طوال العام - صيف دافئ
Cfc	المناخ البحري	شتاء معتدل - رطب طوال العام - صيف قصير بارد نسبياً
Csa	مناخ بحر متوسط داخلي	شتاء معتدل - صيف حار جاف
Csb	مناخ بحر متوسط ساحلي	شتاء معتدل - صيف قصير جاف دافئ
Cwa	شبه المداري الموسمي	شتاء معتدل - شتاء جاف - صيف حار
Cwb	مناخ النجود المدارية	شتاء معتدل - شتاء جاف - صيف قصير دافئ



المميزات العامة	الأقاليم	الرمز
إقليم الغابات الباردة D		
شتاء قارس - رطب في جميع الفصول - صيف قصير دافئ	قاري رطب	Dfa
شتاء قارس - رطب في جميع الفصول - صيف قصير بارد	قاري رطب	Dfb
شتاء قارس - رطب في جميع الفصول - صيف قصير	شبه القطبي	Dfc
شتاء متناهي البرودة - شتاء جاف - صيف طويل حار	شبه القطبي	Dfd
شتاء قارس - صيف دافئ	قاري رطب	Dwa
شتاء قارس جاف - صيف قصير بارد نسبياً	قاري رطب	Dwb
شتاء قارس جاف	شبه القطبي	Dwc
شتاء متناهي البرودة - جاف - صيف قصير رطب	شبه القطبي	Dwd
الأقاليم القطبية E		
صيف قصير جداً(1)	التندرا	ET
	جليد وثلج دائم	EF

ويمكن تفصيل رموز أنواع المناخات الـ C وCW وCs و Df فيما يلي:

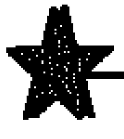
يتبع للمناخ المعتدل الدافئ "C" ويقسم إلى الأنواع التالية:

1. مناخ Cf ويشمل:

أ. مناخ حار صيفاً: Cfa وتمثله مدينة شارلستون بالولايات المتحدة.

ب. مناخ دافئ صيفاً: Cfb وتمثله مدينة بوردو ومدينة ريو دي جانيرو.

(1) Griffith, J. F. and Driscoll, M. D.; Op, Cit, PP. 205-232.



ج. مناخ معتدل صيفاً: وتمثله مدينة ريكيافيك في آيسلندا.

2. إقليم مناخ CW (الجاف شتاءً) ويقسم إلى ما يلي:

أ. إقليم مناخ CWa الحار صيفاً وتمثله مدينة هونج كونج.

ب. إقليم مناخ Csb (الدافئ صيفاً وتمثله مدينة أديس أبابا، ومدينة المكسيك.

3. مناخ Cs (الجاف صيفاً) وهي:

أ. النوع Csa (الحار صيفاً) وتمثله مدينة الجزائر.

ب. النوع Csb (الدافئ صيفاً) وتمثله مدينة لوس أنجلوس.

4. أنواع إقليم المناخ "Df" البارد: ويقسم إلى الأنواع التالية:

أ. النوع Dfa (الحار صيفاً) وتمثله مدينة بودابست بالمجر.

ب. النوع Dfb (الدافئ صيفاً) وتمثله مدينة هاليفاكس ومدينة أركانجل بروسيا.

ج. المناخ Dfc (المائل للبرودة صيفاً) في جزيرة سخالين وشبه جزيرة كمشكلة (-40م).

د. المناخ Dfa (البارد صيفاً) ويتمثل في منطقة صغيرة شمال شبه جزيرة كمشتكا.

5. أنواع مناخ DW (الجاف شتاءً) وهي:

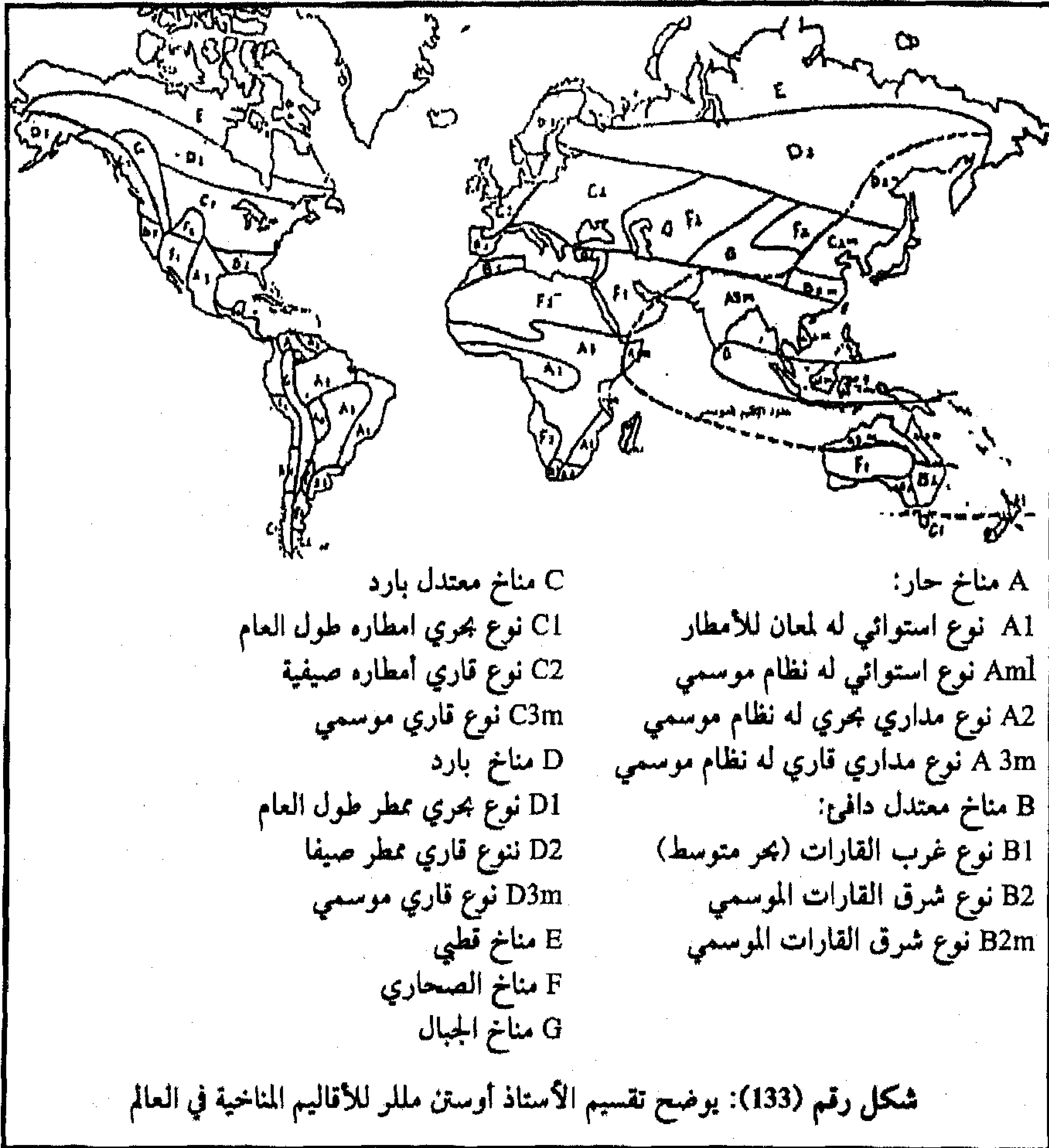
أ. النوع DWa (الحار صيفاً) وتمثله منشورياً في الصين وكوريا.

ب. النوع DWb (الدافئ صيفاً) وتمثله غرب منشوريا وشمال شرق كوريا الجنوبية وجنوب روسيا.



ج. النوع DWc (المائل للبرودة صيفاً) وتمثله شـرق آسـيا وخاصـة شـرق سيبيريا.

د. النوع DWd (البارد صيفاً) وتقع كل منطقة شمال خـط عـرض 60 في شرق سيبيريا[1].



شكل رقم (133): يوضح تقسيم الأستاذ أوستن مللر للأقاليم المناخية في العالم

(1) Ibid.



أنواع المناخ

وبناءً على ما سبق، يمكن تقسيم المناخ بناءً على ثلاثة عناصر أساسية هي الحرارة والتساقط والنبات.

فالمناخ يعتبر من أهم العوامل الجغرافية التي تؤثر في نشاط الإنسان. فهو يحدد لحد كبير مدى نوع التربة والنبات الطبيعي، لأي إقليم جغرافي في العالم. وعليه، فهو يحدد نمط استغلال الأرض إما كغابة أو منطقة رعي أو منطقة زراعية. كما يحدد نوع كل من هذه المظاهر الطبيعية والنباتية كذلك. فالمناخ يحدد أيضاً مقدار قابلية الإقليم للتعمير وقابليته لاستيعاب البشر.

وبالرغم من التقدم العلمي والتقني في هذا العالم الكبير، إلا أنه ما زال للمناخ دوراً أساسياً وفيصل في توزيع البشر في القرية العالمية التي نحياها في وقتنا الحالي عام 2012م.

كما أن للمناخ دوراً أساسياً في التأثير على فسيولوجية الإنسان وفاعلية نشاطه للعمل سواء كان في الإنتاج الزراعي والرعي أو الصناعي والنقل والإسكان وغيرها.

وبوجه عام فالمناخ هو معدل أو متوسط عناصر الطقس اليومية والشهرية والسنوية. فإن كان للطقس فهو لمدة يوم أو أسبوع، وإن كان للمناخ فهو لمدة لا تقل عن 35 عاماً، حتى يعطي الصورة المناخية للمنطقة أو الإقليم بصورة أكثر دقة وشفافية.

ومن الأهمية بمكان ألا نعلق أهمية كبيرة على أي تحديد قاطع في الحرارة والتساقط، والضغط الجوي والرياح، كي نحدد أحد أنواع المناخ. كما يجب ألا نأخذ مثل هذه التحديدات عن أي مناخ معين، على أنه أمر نهائي وقاطع. بل إن كل مناخ يتعرض للتذبذب والخروج عن المعدل. كما هو معروف أن المناخ قد



تعرض للتغير عبر العصور الجيولوجية الماضية مثلما اتضح من الدراسات الباليونتولوجية Paleontology والحفريات فوق سطح البسيطة.

كما يجب ألا يغيب عن أذهاننا هو أن الخرائط المناخية التي تحددها خطوط لا تعني مطلقاً أن الانتقال من أحد جانبي أي خط للآخر، يعني الانتقال من مناخ إلى آخر، كما لو كنا ننتقل من حدود دولة إلى أخرى. فننتقل من نظم وقوانين دولة إلى أخرى، إنما في الحقيقية لا توجد في الطبيعة مثل تلك الحدود، وإنما الانتقال التدريجي من إقليم إلى آخر في منطقة انتقالية بينهما Transitional Area، هي السمة السائدة وليس الانفصال المفاجئ مباشرة.

أسس تقسيم المناخ

يمكن تقسيم المناخ في الكرة الأرضية تبعاً لعنصري الحرارة والتساقط، بالإضافة إلى المظهر النباتي الطبيعي، والذي يعتبر هو بدوره نتيجةً للمناخ، وطبيعة الأرض أي دليلاً على تقسيم المناخ كذلك.

1. الحرارة

تعتبر الحرارة من أهم أسس تقسيم المناخ، بل من أهم عناصر المناخ ومصدر الحرارة هي الأشعة التي تسقطها الشمس على سطح الأرض، فكلما كانت متعامدة كلما زادت الحرارة، وكلما كانت مائلة قلت درجة الحرارة. ولذلك ترتبط المناطق الحرارية في العالم بزوايا اختلاف تعامد أشعة الشمس. وهي المنطقة الاستوائية (تعامد أشعة الشمس عليها) والمنطقة المعتدلة، والتي تشمل العروض الوسطى وتمتاز بتعاقب الفصول. والمنطقة المتجمدة القطبية والتي تسقط عليها أشعة الشمس مائلةً جداً في فصل الصيف. كما أنها لا تكاد تشرق عليها شمس الشتاء، ولذلك كان مناخها بارداً لا يعرف شمس الصيف.

ولا تتحدد هذه المناطق بعضها عن بعض بدوائر العرض. نظراً لأن الكرة الأرضية ليست من الماء فحسب أو من اليابسة فقط، بل لوجود كتل من اليابس وأخرى من الماء. ويختلف كل من اليابس والماء في مقدار امتصاصه للحرارة وإشعاعه فيها. كما أن التقسيم الحراري ليس مطرداً في نصف الكرة الشمالي والجنوبي لاختلاف توزيع اليابس والماء في كل منهما. ولكن نتيجة لتوزيع المسطحات المائية في نصف الكرة الجنوبي أكثر من نصفها الشمالي بما نسبته 81٪، فإن خطوط الحرارة المتساوية هي أكثر انتظاماً منه عما هو كائن في نصفها الشمالي.

ويعتبر خط الحرارة 18°م (المتساوي) لأبرد شهور السنة حداً فاصلاً بين المنطقة الاستوائية والمدارية الرطبة وبين المنطقة المعتدلة. حيث أن المنطقة الاستوائية المدارية لا تقل فيها درجة الحرارة عن 18°م.

كما يتخذ خط حرارة متساوي 10° مئوية (50°ف) لأدفأ أشهر العام، حداً فاصلاً بين المنطقة المعتدلة والمنطقة القطبية المتجمدة. وهذا يعني أن درجة الحرارة لا ترتفع فيه أكثر من 10 درجات مئوية في المنطقة القطبية المتجمدة.

هذا التقسيم الحراري هو نقطة البدء في تقسيم المناخ غير أنه ليس عاملاً أساسياً في تقسيم المناخ لوحده. حيث لم تميز بعد بين الأقاليم الرطبة والأقاليم الجافة التي تعتمد على التساقط.

2. التساقط

ويشمل التساقط المطر والبرد والثلج والندى. ويعتبر من أهم عناصر المناخ التي يعتمد عليها، بجانب الحرارة في تحديد نمط المناخ لأية منطقة في العالم.

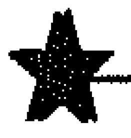
والتساقط له تأثير مباشر على المياه الجوفية ورطوبة التربة، وتصريف المياه والنبات الطبيعي الأمر الذي يقتضي منا ملاحظة كمية التساقط وتوزيعها بين الفصول كأساس لتقسيم المناخ.

ويقترح الأستاذ بلير Blair تخطيطاً مبسطاً لخمسة أنماط من التساقط تصلح لتقسيم المناخ كما يلي:

نوع المناخ		نمط المطر		كمية التساقط السنوي بالسنتمترات
مناخ جاف	←	نادر المطر	←	25.4 سنتمتر
مناخ شبه جاف	←	قليل المطر	←	25-50 سنتمتر
مناخ شبه رطب	←	متوسط المطر	←	51-100 سنتمتر
مناخ رطب	←	غزير المطر	←	101-200 سنتمتر
مناخ رطب جداً		غزير جداً		أكثر من 200 سنتمتر[1]

ولكن التساقط يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار توزيع المطر سواء كان سقوطه موزعاً بانتظام خلال العام أو كان سقوطه فصلياً. ولذلك لابد وأن نقرن عنصر الحرارة مع التساقط في أي تقسيم للمناخ. حيث ترتكز قيمة التساقط وعامله هو حرارة الجو، وما يتبقى بعد التبخر هو ما تكسبه الأرض فعلاً. وقد لوحظ أنه إذا تساوت كمية التساقط في العروض العليا وفي العروض المدارية فإنها تصبح ذات فاعلية كبيرة في الأولى للتربة، بينما تصبح هامشية وقليلة الفاعلية في الثانية. فقد

(1) Blair, T. A.; Op. Cit.



تؤدي لتكوين مناخاً رطباً في العروض العليا، ومناخاً صحراوياً في العروض المدارية. وعليه، لابد من اقتران الحرارة مع التساقط في أي تقسيم للمناخ. بالإضافة إلى ربطها مع مجموعة معينة من النبات الطبيعي، لأنها ذات دلالة كبرى في تحديد أنماط الإنتاج الرعوي والغابي والزراعي.

3. النبات كأساس لتقسيم المناخ

يُعتبر النبات من العناصر الأساسية في تقسيم المناخ، لأنه يعتمد على درجات الحرارة وكميات التساقط في أي إقليم جغرافي. ولذلك فحدود نمو أنماط نباتية معينة تعني حدوداً مناخية في نفس الوقت.

ومن الأمثلة البارزة على ذلك الحد الشمالي لنمو الأشجار في المنطقة شبه القطبية في آوراسيا وأمريكا الشمالية. هذا الحد يتفق مع خط الحرارة المتساوي 10° مئوية لشهر تموز وإذا ما تعدينا هذا الخط المتساوي لدرجة الحرارة شمالاً، تكون قد دخلنا لمنطقة خالية من الأشجار. ومن الأمثلة على ذلك في نصف الكرة الجنوبي، فالحد الشمالي لنمو شجرة النخيل ذات الحساسية الشديدة للصقيع، حيث يتفق هذا الحد مع الدائرة العرضية 35 شمالاً أو جنوباً.

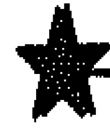
وتوضح خريطة توزيع النباتات الطبيعية للأقاليم النباتية كما يلي:

1. الغابات الرطبة الاستوائية:

حيث تمتاز بالأشجار الدائمة الخضرة عريضة الأوراق تدعى غابات السلفا Selva. حيث المطر الغزير طيلة العام مع ارتفاع درجة الحرارة وعدم وجود فصل جاف.

2. الغابات المدارية الخفيفة:

وتتصف هذه الغابات بأنها أقل كثافة من الغابات الاستوائية وأقل طولاً



منها. وتعكس درجة الحرارة المرتفعة طيلة العام، ولكن يوجد فصل جاف قصير وتشمل غابات شبه نفضيّة مدارية.

3. الغابات الشوكية (الأحراج):

وتتميز هذه الغابات بوجود فصل جاف طويل، يعقبه فصل مطير غزير وحرارة مرتفعة طيلة العام، ولكن أشجارها أكثر تأثيراً من أشجار الأحراج المدارية.

4. أحراج البحر المتوسط:

وتتميز غابات البحر المتوسط بأنها تشير إلى وجود فصل صيف دفي شديد الجفاف يعقبه فصل شتاء مطير معتدل. وتتصف أحراجه بأنها أشجار صغيرة دائمة الخضرة، مثل البلوط والزعرور والبطم والعرعر والصنوبر الحلبي مع شجيرات قصيرة متجمعة على شكل أجمات وأدغال صغيرة.

5. الغابات النفضية ذات الأوراق العريضة:

وتدل هذه الغابات على تفاوت كبير في درجات الحرارة، مع شتاءٍ بارد وصيف معتدل. وأمطارها غزيرة موزعة توزيعاً متعادلاً طيلة العام. ومن أهم أشجارها شجرة الكستناء والبلوط والبندق، حيث تنفض أوراقها كل خريف. وتختلط هذه الأشجار ذات الأخشاب الصلبه بأشجار صنوبريه اخرى غير أن نسبة الأشجار الصنوبرية تزداد كلما اقتربنا من المنطقة القطبية.

6. الغابات الصنوبرية:

تمتد أشجار الغابات المخروطية بين دائرتي عرض 50-65 شمالاً، وتتصف أشجارها بأنها ذات أوراق إبرية مثل الصنوبر والدردار والبتولا والشربين. حيث تمتد على نطاق كبير في الإقليم شبه القطبي في أمريكا الشمالية

وآوراسيا. ولكنه يتصف بالمدى الحراري الكبير، حيث الشتاء القارس البرودة والصيف القصير جداً.

7. أعشاب السفاناك

ويمتاز هذا النطاق بفصل جاف جداً يتلوه فصل مطير، ولكنه لا يعرف الشتاء البارد ويحتوي على أعشاب السفانا التي يتراوح طولها ما بين 7 أقدام جنوبه، إلى 2 قدم فما دون في أطرافه الشمالية (والمثل على ذلك المناخ السوداني من جنوبه حتى حدوده الشمالية). ويتمثل في القارة الإفريقية والهند وأمريكا الجنوبية وتغزر فيه كميات المطر صيفاً ولكن معظمها يتبخر نتيجة ارتفاع درجة الحرارة الشديد نسبياً، الأمر الذي جعل شكل الغطاء النباتي فيه هي هذه الأعشاب الرعوية.

8. حشائش البراري:

تغطي هذه الحشائش معظم الأراضي السهلية في العروض الوسطى الكائنة في وسط الولايات المتحدة الغربي،وكندا وشرق أوروبا وسهول البمباس في الأرجنتين وأورغواي؛ وتمتاز بتباين كبير في درجات الحرارة وميل إلى الجفاف. ويتراوح طولها ما بين 70 إلى 100 سنتمتر. كما تمتاز بالتربة البنية التي يزيد سمكها عن 90 سنتمتراً حيث تقع على حواف الإقليمين الجاف والرطب.

9. حشائش السهوب (الاستبس):

وتتمثل هذه الحشائش أصدق تمثيل في جنوب روسيا حيث تمتد من سهول أوكرانيا غرباً وشمال البحر الأسود وبحر قزوين حتى بحر آرال وبحيرة بلكاش شرقاً. حيث تتصل مع مراعي وسط آسيا وجنوبها الغربي. وتتميز هذه الحشائش بأنها قصيرة لا يزيد طولها عن 60 سنتمتراً. حيث تغطي سهول وهضاب



الأقاليم الداخلية من نطاق المناخ شبه الجاف الذي يتصف بالمدى الحراري الكبير مع جفاف فصل الصيف.

10. الصحاري الحارة:

ويتصف هذا النوع من المناخ بارتفاع درجة الحرارة والجفاف الشديد، والمدى الحراري اليومي والفصل الكبيرين. حيث يتراوح بين الاعتدال والتطرف تبعاً لدائرة العرض. أما المطر فهو نادر وإن سقط فيه كان متقطعاً سيلياً فجائياً ومنهمراً، مما يؤدي لفيضان الأودية الجافة والسيول بصورة كبيرة. ولا تنبت فيه سوى الشجيرات القصيرة الخشنة التي تتحمل الجفاف مثل الأثل والطرفا والسلم والغاف والدفلى عند مجاري الأودية أو الواحات.

11. إقليم التندرا:

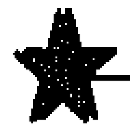
ويتميز هذا الإقليم بأنه عبارة عن أراضٍ صحراوية باردة مقفرة، تمتد من العروض القطبية شمال دائرة عرض 71 شمالاً، حيث لا تنمو فيه إلا الطحالب ونباتات عنب الثعلب والأشينات. وهي ذات ليل شتاء طويل قارس البرودة، وصيف قصير بارد أيضاً. أما تربتها فتتجمد شتاءً ولا يكاد الصيف يكفي لإذابة سطحها العلوي.

12. الغطاءات الجليدية:

وتغطي هذه الغطاءات الجليدية مساحات شاسعة في كل من جزيرة غرينلند والقارة القطبية الجنوبية والقمم الجبلية العالية.

تصنيف الأستاذ فلوهن Flohn M. H (1912-1997):

ولد الأستاذ فلوهن في مدينة فرانكفورت بألمانيا عام 1912م وقام بتصنيف الأقاليم المناخية في العالم عام 1950م، حيث قسم العالم إلى سبعة نطاقات مناخية



رئيسة، استناداً إلى أحزمة الضغط الجوي والرياح موضحاً بذلك توزيع أقاليم فلوهن المناخية على قارة افتراضية.

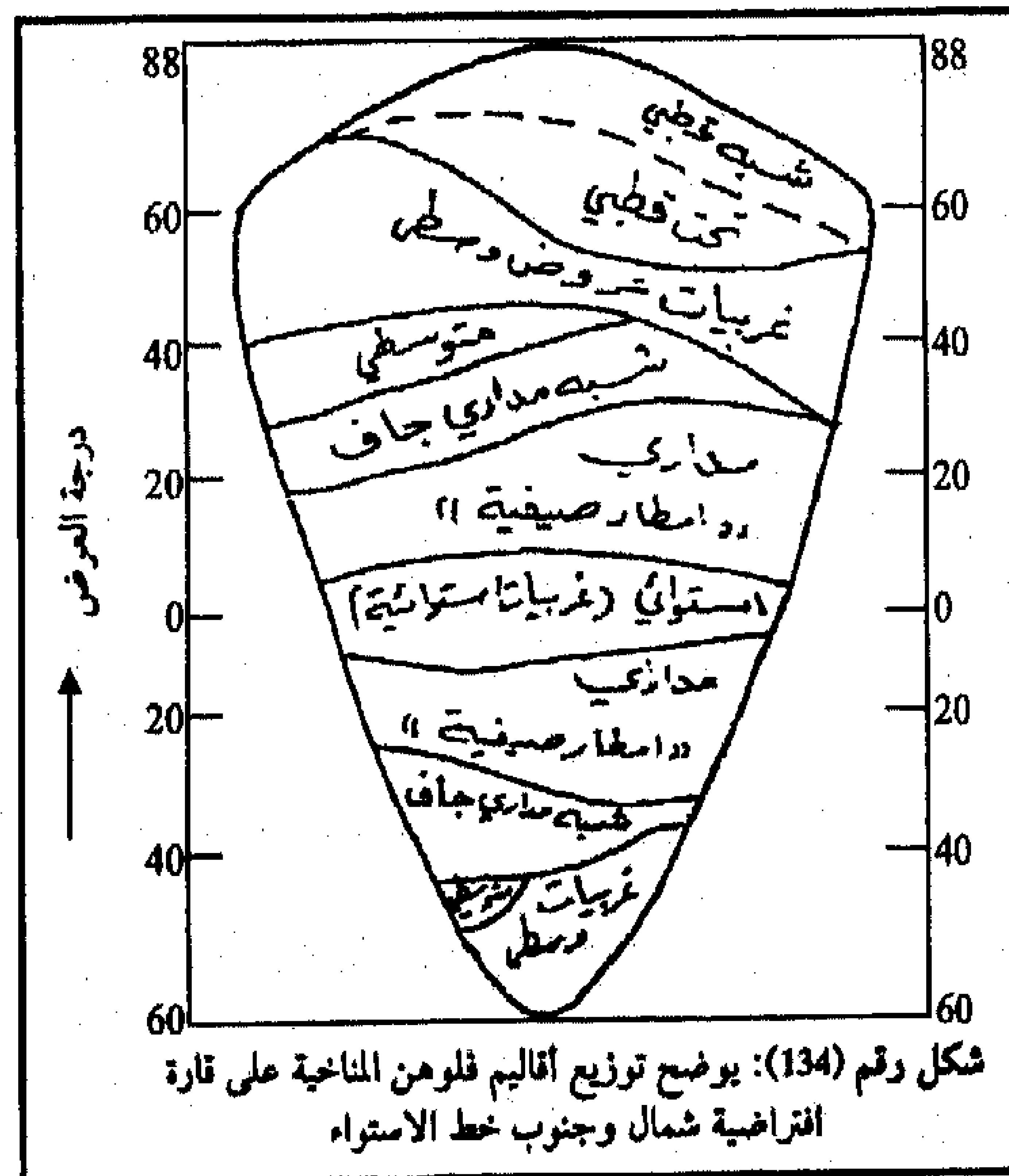
وفيما يلي عرض موجز للنطاقات المناخية الجوية التي أقرها هذا العالم الألماني لسطح الكرة الأرضية:

1. النطاق المداري الداخلي (الاستوائي):

ويسود في هذا النطاق الضغط المنخفض الاستوائي لفترة تزيد على ثمانية أشهر. كما أن الرياح السائدة فيه هي رياح غربية استوائية وركود استوائي، أما الأمطار فتسقط فيه طيلة العام وبكميات سنوية كبيرة.

2. النطاق المداري الخارجي (الأطراف المدارية)

ويسود في هذا النطاق الضغط المنخفض الاستوائي بالتناوب مع مؤثرات الضغط الجوي المرتفع شبه المداري. ولذلك نجد أن الرياح التي تهب في هذا النطاق تكون رياح غربية استوائية في الصيف ورياح تجارية في الشتاء مع أمطار صيفية.



شكل رقم (134): يوضح توزيع أقاليم فلوهن المناخية على قارة افتراضية شمال وجنوب خط الاستواء



3. النطاق شبه المداري الجاف

ويسود في هذا النطاق الضغط المرتفع شبه المداري مع الرياح التجارية الشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية صيفاً وشتاءً. كما يتصف هذا النطاق بالجفاف لكل فصول السنة.

4. النطاق شبه المداري

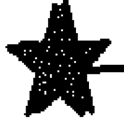
وتسود في هذا النطاق في فصل الصيف الضغط المرتفع شبه المداري، أما في الشتاء فتسيطر ضغوط منخفضة متنقلة تؤدي لتساقط الأمطار، أما الرياح فتكون تجارية صيفاً وغربية شتاءً في العروض الوسطى.

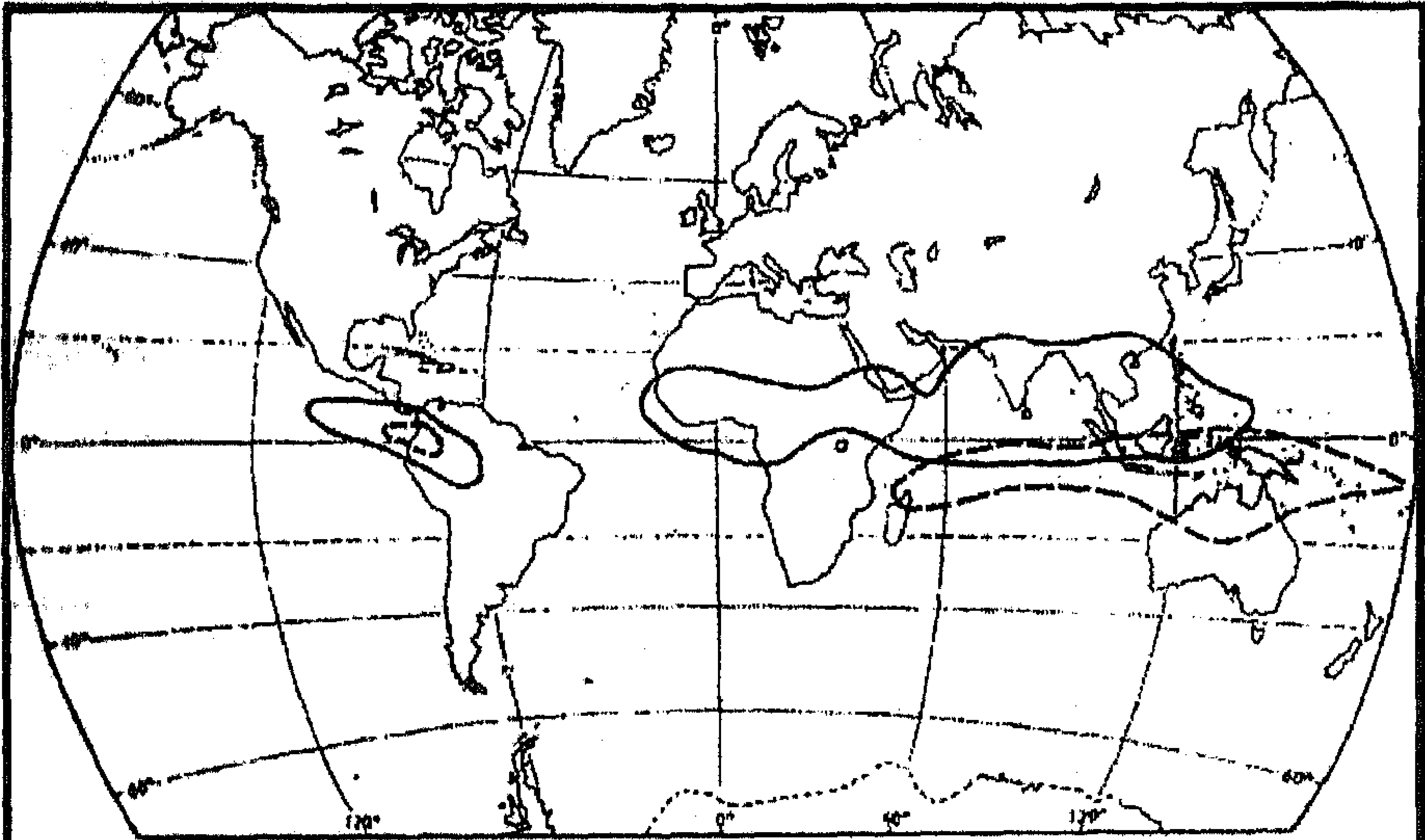
5. النطاق المعتدل الرطب

وتسود في هذا النطاق الرياح الغربية الدائمة بين دائرتي عرض 45-66 شمالاً في نصفي الكرة، الأمر الذي يؤدي لتساقط الأمطار في كل الفصول، كمناخ غرب أوروبا وغرب أمريكا الشمالية.

6. النطاق تحت القطبي (Boreal) (الغابات المخروطية) وشبه القطبي (Subpolar)

ويسود في هذا النطاق الضغط الجوي المرتفع القطبي من جهة والضغط المنخفض شبه القطبي من جهة أخرى. ولذلك فإن الرياح تكون غربية معتدلة في الصيف وشرقية قطبية في الشتاء. أما الأمطار فتكون صيفية على حين يسقط الثلج في الشتاء في الأجزاء الجنوبية من النطاق. بوجه عام، فإن التساقط يتسم بالقلة في كل الفصول كلما اتجهنا نحو القطبين (التندرا).



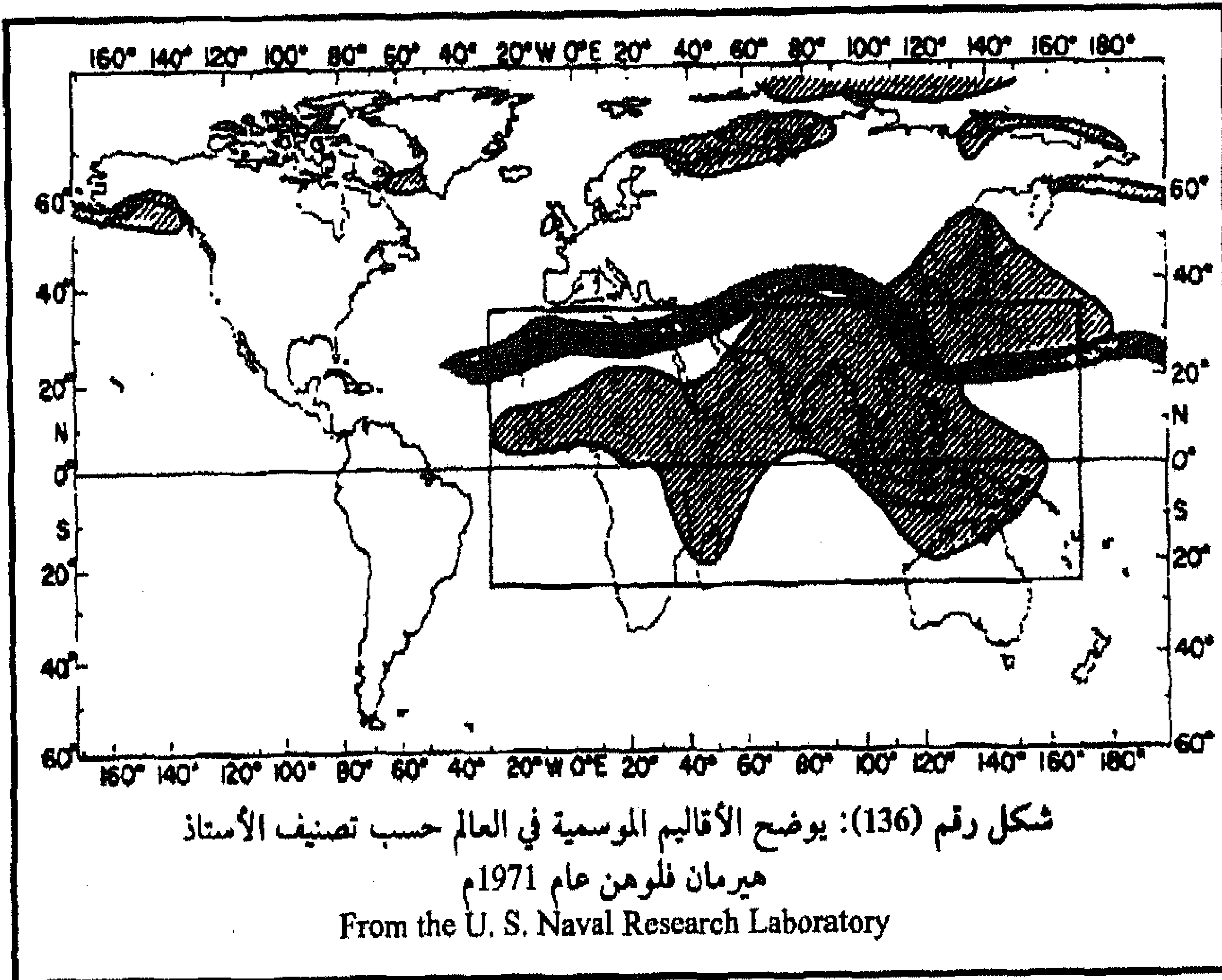


شكل رقم (135): يوضح مناطق حركة الرياح الغربية في المناطق الاستوائية المنخفضة في شهري كانون ثاني وتموز في العالم
عن / P. 68 Driscoll M. D.

7. النطاق القطبي (Polar Zone)

ويسود في هذا النطاق الضغط المرتفع القطبي والرياح الشمالية القطبية في الصيف والشتاء، أما خاصية التساقط في هذا الإقليم فهي الندرة، لذلك يتسم هذا الإقليم بأنه عبارة صحراء جليدية قطبية، ومن أهمية بمكان أن النموذج تحت القطبي يقتصر وجوده فقط على نصف الكرة الشمالي، أما النطاق شبه المداري (النموذج الثالث) فيقتصر وجوده على سواحل القارات الغربية.





شكل رقم (136): يوضح الأقاليم الموسمية في العالم حسب تصنيف الأستاذ هيرمان فلوهن عام 1971م

From the U. S. Naval Research Laboratory

الفصل السادس عشر

الأقاليم المناخية



الفصل السادس عشر

الأقاليم المناخية

إقليم المناخ الاستوائي.

الإقليم المداري السوداني (السفانا).

مناخ الإقليم الموسمي.

إقليم المناخ شبه المداري الجاف صيفاً.

إقليم المناخ شبه المداري الرطب (الإقليم الصيني)

إقليم المناخ البحري (غرب أوروبا).

إقليم مناخ الاستبس (السهوب).

إقليم المناخ المداري شبه الجاف والجاف.

إقليم صحاري العروض الوسطى المعتدلة.

إقليم الصحاري الباردة.

إقليم المناخ البارد.

الفصل السادس عشر
الأقاليم المناخية

إقليم المناخ الاستوائي

يقع هذا الإقليم بين دائرتي عرض 5 درجات شمالاً وجنوباً تقريباً. وفيه تسقط الأمطار طيلة العام، نتيجة للتبخر المستمر والتيارات الهوائية الصاعدة. كما يتصف بالحرارة العالية التي تبلغ في المتوسط نحو 27 مئوية لكل شهر. وتمثله مدينة مناؤس في البرازيل عند تقاطع درجة عرض 3 جنوباً و60 غرباً وعلى ارتفاع 43 متراً فوق سطح البحر. كما تمثله في قارة آسيا مدينة سنغافورة الواقعة على درجة عرض واحد درجة شمالاً و104 درجات شرقاً وعلى ارتفاع 4 أمتار تقريباً فوق سطح البحر.

أما فيما يتعلق بمعدل التساقط في مناؤس وسنغافورة فقد بلغ في الأولى ما بين 200 إلى 400 سنتمتر، وفي الثانية ما بين 250 إلى 300 سنتمتر على التوالي. كما أن معدل الحرارة فيهما لم يتجاوز الـ 27م ولم ينخفض عن 18م طيلة العام.

ويضم هذا الإقليم المناطق المنخفضة في حوض نهر الأمازون، وحوض نهر الكونغو، وجزر الهند الشرقية، والساحل الشرقي لجزيرة مدغشقر. كما يلاحظ في توزيع المطر في هذا الإقليم أن له قمتين للأمطار عقب تعامد الشمس في الاعتدالين الربيع والخريف. ويصبح الإشعاع الشمسي قوي جداً، ولكن الذي يخفف من حدته، تأثير الغطاء النباتي الكثيف بجانب السحب وتساقط الأمطار. وتتسم أمطاره بأنها من النوع الانقلابي (التصاعدية) Convectional Rains، وأحياناً تحدث زوابع مدارية تؤدي لتساقط أمطار غزيرة كإعصار ستان Stan الذي ضرب جمهوريات نيكاراغوا وغواتيمالا وكوبا في 29/ 10/ 2005م. كما أن

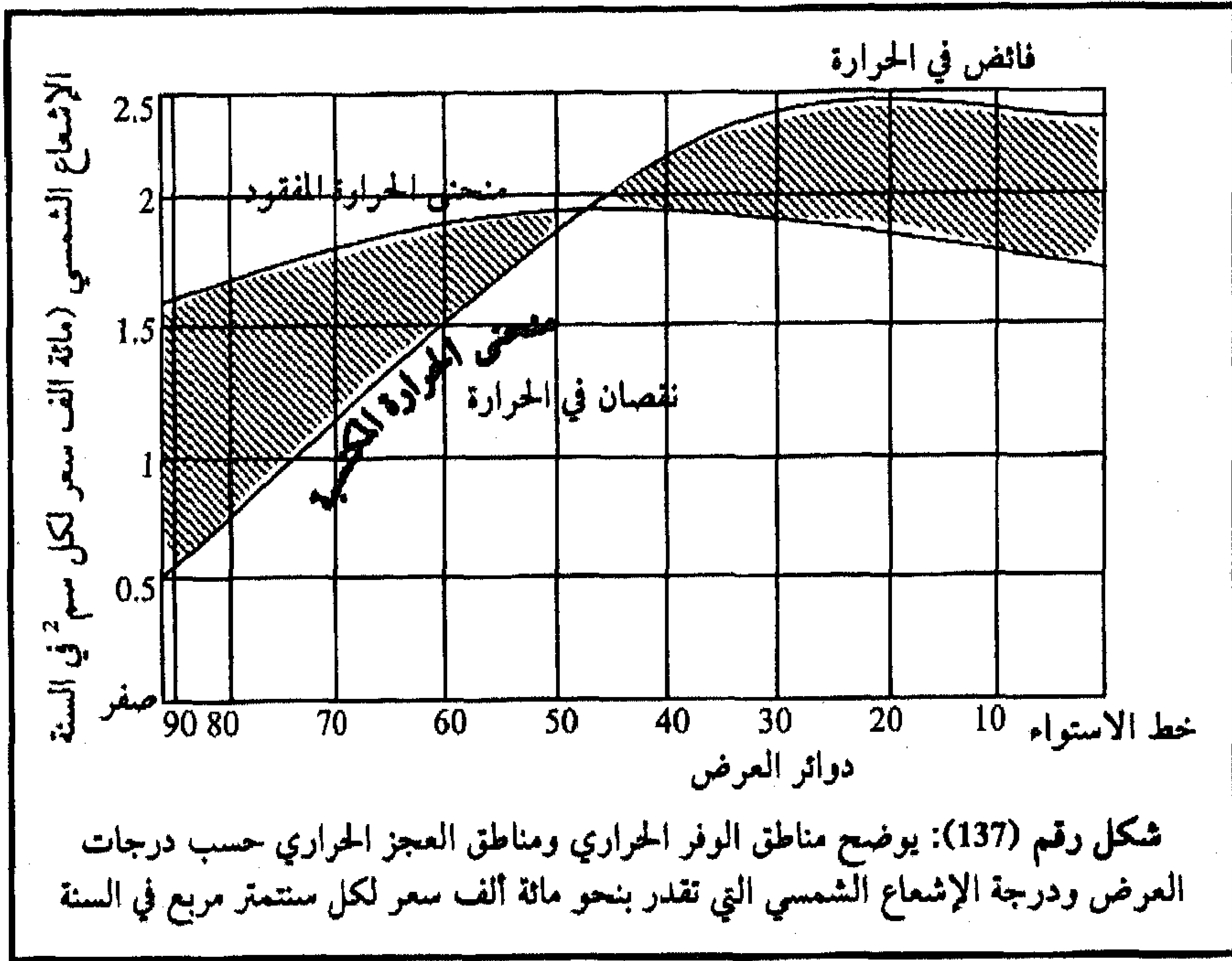


للظروف المحلية للمنطقة دوراً رئيساً في تحديد نوع المطر وكميته، وتوزيعه على طيلة أشهر العام، الأمر الذي يجعل لهذا الإقليم طابعاً مناخياً يميزه عن غيره من الأقاليم المناخية الأخرى. فالأمطار تغزر في المناطق المرتفعة فيه مثلما يحدث في سفوح جبال الكاميرون المواجهة للرياح الجنوبية الغربية المطيرة أو القادمة من المحيط الأطلسي. حيث يبلغ معدل التساقط نحو 4 أمتار، بينما تهبط في سفوحها الشرقية الواقعة في ظل المطر إلى 150 سنتمتراً فقط. فمحطة مدينة دوالا Dwala الواقعة على درجة عرض 4 شمالاً، و10 درجات شرقاً وعلى ارتفاع 7 أمتار فوق سطح البحر يصل معدل المطر فيها لنحو أربعة أمتار سنوياً.

كما تغزر الأمطار في هذا الإقليم في قارة أمريكا الجنوبية على سفوح جبال الأنديز الشرقية في الإكوادور وكولومبيا،نتيجة لاعتراض الرياح التجارية القادمة من الشرق (المحيط الأطلسي) لتلك المرتفعات، بينما تكون الهضاب الواقعة بين سلاسل تلك الجبال قليلة الأمطار بوجه عام.

قال تعالى: ﴿ وَٱللَّهُ ٱلَّذِىٓ أَرۡسَلَ ٱلرِّيَٰحَ فَتُثِيرُ سَحَابٗا فَسُقۡنَٰهُ إِلَىٰ بَلَدٖ مَّيِّتٖ فَأَحۡيَيۡنَا بِهِ ٱلۡأَرۡضَ بَعۡدَ مَوۡتِهَاۚ كَذَٰلِكَ ٱلنُّشُورُ ﴾ الآية 9 سورة فاطر

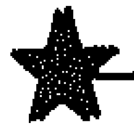
ونتيجةً لغزارة الأمطار فيكشف الغطاء النباتي بأشجار الماهوجيني Mahogany والأبنوس Ebeny والصندل Sundal، والتي تتميز بأخشابها الصلبة والثمينة. ويصل ارتفاعها لنحو 75 متراً تقريباً. بالإضافة إلى غزارة الأمطار فتتوافر في هذا الإقليم كميات كبيرة من درجات الحرارة الوافرة التي تنقلها الرياح؛ والتيارات البحرية من هذا الإقليم على العروض العليا فوق سطح هذا الكوكب؛ كميزانية حرارية من منطقة الوفر الحراري إلى العجز الحراري.



شكل رقم (137): يوضح مناطق الوفر الحراري ومناطق العجز الحراري حسب درجات العرض ودرجة الإشعاع الشمسي التي تقدر بنحو مائة ألف سعر لكل سنتمتر مربع في السنة

الإقليم المداري السوداني (السفانا)

ويظهر هذا الإقليم في المناطق الواقعة بين دائرتي عرض 6-18 درجة شمالاً وجنوباً تقريباً. ومن خصائص هذا الإقليم أنه يختلف عن الإقليم الاستوائي بوجود فصل جفاف يتراوح ما بين شهرين إلى أربعة أشهر. ويبتعد عن خط الاستواء بحيث يجمع بين سمات المناخ الاستوائي من ناحية، والمناخ شبه الجاف من ناحية أخرى.كما أن فترة الجفاف التي يتصف بها هذا الإقليم تطول كلما اقتربنا من الإقليم المداري الجاف وابتعدنا عن الإقليم الاستوائي الحار الرطب. أما فيما يتعلق بمعدل التساقط فيه فيتدرج من الجنوب إلى الشمال، فمدينة منجلا Manjela الواقعة على درجة عرض 6 درجات شمالاً و 30 شرقاً، بلغ معدل التساقط فيها نحو 160 سنتمتراً. أما في مدينة ملكال الواقعة



على درجة عرض 9.35° شمالاً وخط طول 32° شرقاً نحو 82° سنتمتراً[1]. أما في مدينة الخرطوم الواقعة على درجة 35 15° شمالاً وخط طول 30 32° شرقاً وعلى ارتفاع 145 متراً، فتبلغ نحو 16 سنتمتراً. أما فيما يتعلق بمعدل درجة الحرارة فهي لم تنخفض في المحطات الثلاث عن 18 مئوية في أي شهر من أشهر السنة كلها، شأنه في ذلك شأن الإقليم الاستوائي السابق. ويضم الإقليم المداري هذا معظم المناطق الواقعة بين نطاق الصحاري من ناحية والنظام الاستوائي من ناحية أخرى. ويتمثل هذا الوضع في القارة الإفريقية على وجه الخصوص، حيث نجد أنها تغطي نطاقين عظيمين إلى الشمال والجنوب من الإقليم السوداني، إلا أن القسم الشمالي أعظم اتساعاً بكثير من النطاق الجنوبي. كما يضم الساحل الغربي لجزيرة مدغشقر، وشمال غرب إفريقية الوسطى وشمال غرب أمريكا الجنوبية والمرتفعات الجبلية للبرازيل وبوليفيا.

كما يعرف هذا الإقليم بالقاري السوداني بأنه في جملته هو نفس الأقاليم التي تشتهر تحت مسمى "إقليم السفانا" أو الإقليم السوداني. حيث يتصف بأنه عديم المطر في فصل الشتاء، لأنه يقع في مهب الرياح التجارية الجافة. ولهذا فهي غير مطيرة، أما في فصل الصيف فتدخل ضمن نطاق الضغط المنخفض الاستوائي، والذي يتسم بأمطاره الساقطة بفعل التيارات الهوائية الصاعدة والتي تتراوح ما بين 25 سنتمتراً على حواف الصحراء الكبرى إلى نحو 175 سنتمتراً على أطراف الإقليم الاستوائي. والفرق بينهما هو أن المطر في الإقليم الاستوائي يستمر طيلة العام بينما في هذا الإقليم المداري ينقطع فيه المطر طيلة فصل الشتاء. وإذا ما ابتعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً، فإن الظروف المناخية تتغير تدريجياً حتى نصل إلى نطاق تسود فيه الرياح التجارية طيلة العام، ونتيجةً لكون

(1) Driscoll, D. M. and Griffith, J. F.; Op. cit. PP. 206-231.

الرياح التجارية جافة في معظم الأحيان، فقد ظهرت في نطاق هبوبها أعظم صحاري العالم اتساعاً وأشدها حرارةً. كالصحراء الكبرى في شمال القارة الإفريقية وصحراء كلهاري في جنوبها مثلاً.

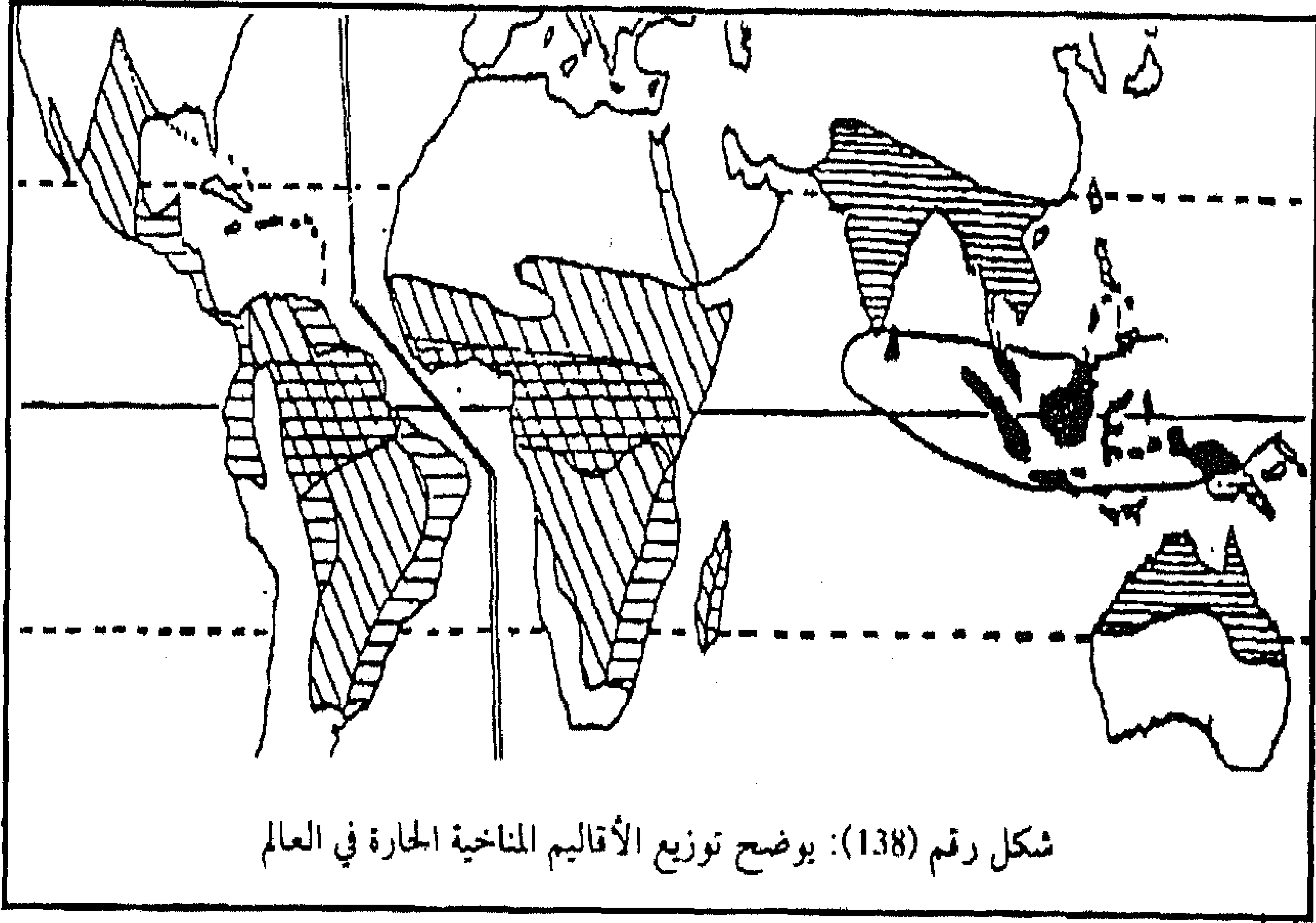
وتتصف أمطاره بالتذبذب من سنة لأخرى، حيث يعتبر عدم الاستقرار في نظام المطر من أهم العوامل التي توقع الأضرار الجسيمة في الإنتاج الزراعي، خاصةً في المناطق المحاذبة لحواف الصحاري المدارية.

كما يندرج تحت هذا الإقليم، الإقليم المداري البحري (نوع موزامبيق) والذي يتمثل في المناطق الساحلية في كينيا وتنزانيا وموزامبيق والنصف الشرقي لجزيرة مدغشقر؛ ثم السواحل الشرقية للبرازيل وأمريكا الوسطى، وجنوب شرق الولايات المتحدة، حول شبه جزيرة فلوريدا والسواحل المواجهة لهبوب الرياح التجارية في جزر الهند الغربية. بالإضافة على جزر هاواي وجزر ساموا في المحيط الهادي.

وفي جميع هذه المناطق يصبح الغطاء النباتي كثيفاً جداً، لا يختلف في مستواه عن الغابات الاستوائية. ولكن الفرق بين المناخ القاري (السفانا) والمناخ البحري (موزامبيق)، هو أن الأول تسقط أمطاره في فصلي الصيف والخريف فقط، بفعل التيارات الهوائية الصاعدة، بينما تسقط أمطار الإقليم الثاني طيلة العام، نتيجةً لعاملين رئيسيين هما:

التيارات الهوائية الصاعدة التي يتصف بها نطاق الضغط الاستوائي المنخفض، والثاني الرياح التجارية التي تؤدي إلى تساقط الأمطار التضاريسية على السواحل الشرقية للقارات في العروض المدارية. وفي الواقع نجد أن أمطار التضاريس هي التي تسود في المناخ المداري البحري، خاصةً في المناطق البعيدة عن خط الاستواء.





شكل رقم (138): يوضح توزيع الأقاليم المناخية الحارة في العالم

أما أمطار التيارات الصاعدة فلا تسقط مطراً إلا في فصل الصيف في المناطق القريبة من خط الاستواء، حينما يتزحزح إليها نطاق الضغط المنخفض الاستوائي. بينما يؤدي هبوب الرياح التجارية في بقية فصول السنة، إلى تساقط أمطار التضاريس التي تحملها تلك الرياح، وتلقي بها على سفوح الجبال المتعامدة عليها، كما هو حاصل في مرتفعات جزيرة جمايكا. حيث تتفاوت كمية المطر ما بين 350 سنتمتراً على ساحلها الشرقي، إلى 100 سنتمتر في ساحلها الغربي. كما تبلغ كمية المطر في مدينة كولون Colon الواقعة على المحيط الأطلسي عند مدخل قناة بنما نحو 325 سم، بحيث تصل في مدينة بلباو Balbai الواقعة عند نهاية تلك القناة على المحيط الهادي نحو 175 سم فقط.

كما يتميز هذا الإقليم المداري البحري بأنه في جزر الهند الغربية وجزيرة مدغشقر، من أكثر مناطق العالم تعرضاً لحدوث الأعاصير المدارية في العالم، والتي يتمخض عنها خسائر مادية جسيمة في معظم الأحيان، كما حدث في أعاصير ريتا Rita وبيتا Bita وستان Stan التي ضربت جزر البحر الكاريبي،

ومدينة نيوأورليانز، وجمهوريات أميركا الوسطى، وولاية تكساس وفلوريدا خلال شهر آب وأيلول وتشرين الأول من عام 2005[1].

مناخ الإقليم الموسمي

ويتمثل هذا الإقليم بصفة خاصة في جنوب شرق آسيا وجنوبها، خاصةً في سواحل الهند والهند الصينية وجزر الفلبين وتايوان، وشمال استراليا وهضبة الحبشة والصومال، ومرتفعات اليمن وجنوب الصين. كما يتمثل في سواحل غانا وفي أمريكا الجنوبية والوسطى حيث يتمثل في الساحل الشرقي لأمريكا الجنوبية وسواحل الهند الغربية.

كما تسقط معظم أمطار هذا الإقليم في فصل الصيف، ومعظمها من نوع الأمطار التضاريسية التي تغزر على السواحل المرتفعات، حينما تهب عليها الرياح محملةً بالأمطار بشكل متعامد عليها من ناحية البحر، كما هو الحال في جبال الغات الشرقية على ساحل شبه القارة الهندية، وجبال الملايو وبورما ومرتفعات اليمن والصومال والحبشة. كما أن هناك الأمطار الموسمية التي تسقط في جزيرة سيريلانكا، وجنوب شرق هضبة الدكن، وجزر الفلبين في فصل الشتاء، وذلك حينما تعبر الرياح الموسمية عن مسطحات مائية دافئة، فتحمل كميات كبيرة من بخار الماء الذي يتكاثف في المرتفعات فتسقط الأمطار شتاءً في تلك الأماكن.

ويتسم هذا الإقليم بأنه حار صيفاً، معتدل نسبياً في فصل الشتاء. وتتركز معظم أمطاره في فصل الصيف. كما يسود فيه فصل جفاف، يتراوح طوله ما بين أربعة إلى ستة أشهر تكون فيه الأمطار جد قليلة. أما من حيث كمية المطر

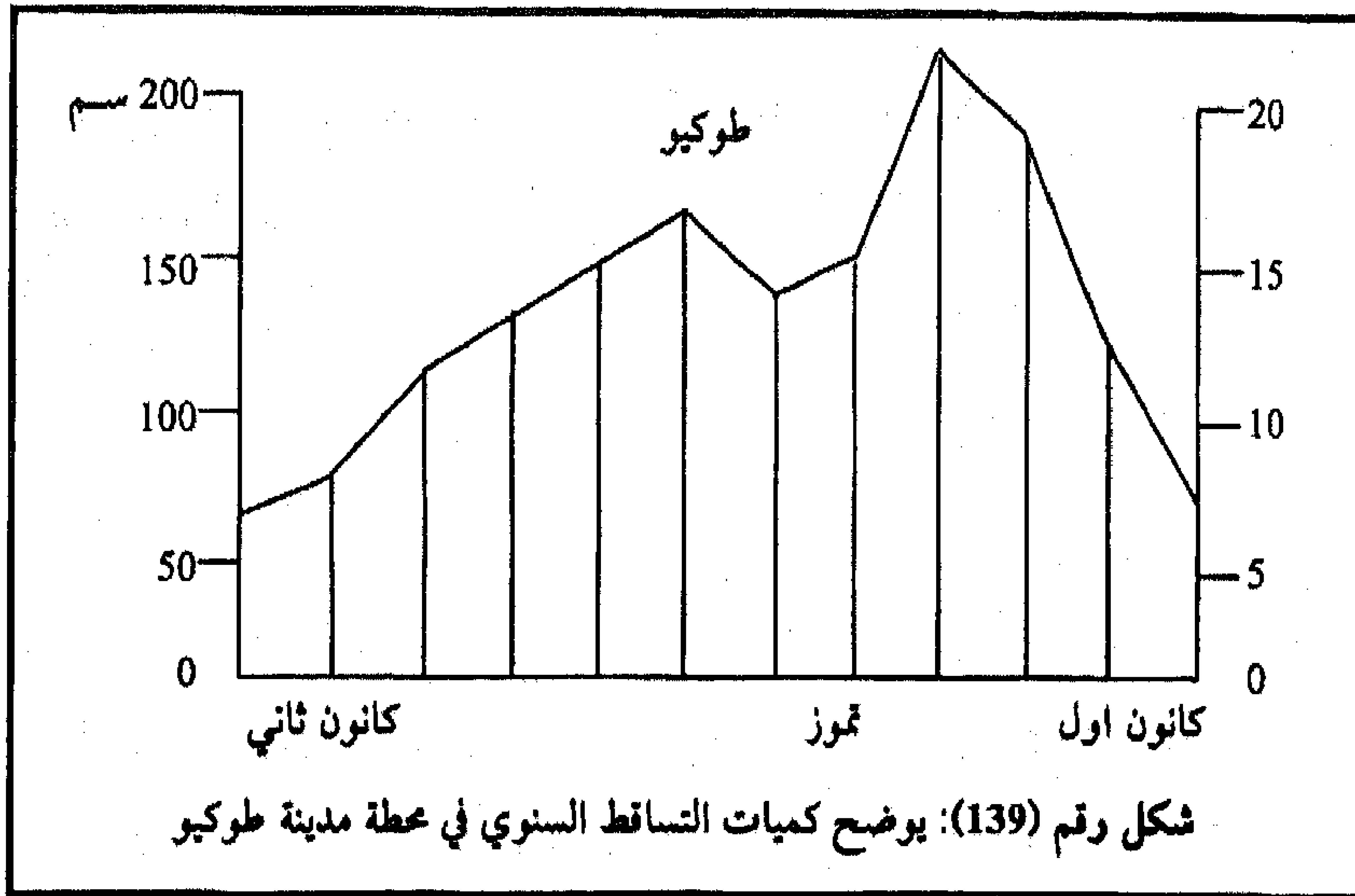
---

(1) عن الإذاعة المرئية والمسموعة في محطات العالم المختلفة.



فتتراوح ما بين 80- 1080 سنتمتراً. فقد بلغ معدل التساقط في محطة شيرابونجي Cherapungy الواقعة على درجة عرض 25 شمالاً وخط طول 44 99 شرقاً وعلى ارتفاع (4309 أقدام) أو 1314 متراً نحو 429 بوصة أو 1090 سنتمتراً[1]. بينما وصلت في مكسيكو سيتي Mexico City الواقعة على درجة عرض 24 19 شمالاً، وخط طول 12 99 غرباً وعلى ارتفاع 2310 أمتار فوق سطح البحر بنحو 20 سنتمتراً فقط، وفي محطة أديس أبابا الواقعة على ارتفاع 2440 متراً فوق سطح البحر قد بلغ نحو 130 سنتمتراً، بالرغم من أن موقعها الفلكي بين درجة عرض 8 درجات شمالاً وخط طول 39 شرقاً.

وعلى الرغم من أن مدينة أديس بابا (2440) متراً ومدينة مكسيكو سيتي (2310) أمتار أكثر ارتفاعاً من مدينة شيرابونجي، إلا أن كمية الأمطار فيهما، هي أقل من شيرابونجي بكثير نتيجةً لتعامد الرياح الموسمية عليها، عند مقدمة تلال أسام في مقدمة سفوح الهملايا شمال بنغلادش.



شكل رقم (139): يوضح كميات التساقط السنوي في محطة مدينة طوكيو

(1) Ibid, P.; 218.

أما كمية التساقط في مدينة بومبي Bomby الهندية، والواقعة على درجة عرض 19° شمالاً، وخط طول 73° شرقاً، وعلى ارتفاع 12 متراً فوق سطح البحر، فقد بلغت نحو 184 سنتمتراً. وتتركز معظمها في أشهر حزيران وتموز وآب وأيلول وتشرين أول. ولكنها تنعدم في أشهر كانون أول وكانون ثاني وشباط وآذار ونيسان. وتمثل هذه المدينة مناخ الإقليم الموسمي أصدق تمثيل كما تمثله في الجزر اليابانية مدينة طوكيو كما في الشكل (139).

ومن أهم خصائص هذا الإقليم تذبذب الأمطار فيه من عام لآخر، الأمر الذي أدى ويؤدي غالباً لوقوع كوارث في الإنتاج الزراعي، وحدوث المجاعات المخيفة في الهند والصين على حد سواء. وفي أحيان أخرى يتعرض لفيضانات غاية في الخطورة، مثلما حدث في الهند والصين في شهري آب وأيلول عام 2005م، وأدت لمقتل الآلاف في البلدين وتدمير عشرات المدن والقرى نتيجة الفيضانات في مياه الأنهار والانهيارات الأرضية، قدرت الخسائر بعدة مليارات من الدولار. وقد يصل معدل تساقط الأمطار في يوم واحد لنحو 900 ملمتر كما هو الحال في بنغلادش ومدينة شيرابونجي الآنفة الذكر[1].

إقليم المناخ شبه المداري الجاف صيفاً

يقع هذا الإقليم- بوجه عام- بين دائرتي عرض 30-45 شمالاً وجنوباً في غرب القارات. حيث يعرف باسم مناخ البحر المتوسط، ويتمثل في شواطئ البحر المتوسط كالسواحل الجنوبية لقارة أوروبا وسواحل شبه جزيرة البلقان، أو سواحل تركيا وبلاد الشام كلها. بالإضافة إلى سواحل شمال إفريقية في اتحاد المغاربة العربي ومصر. كما يتمثل في إقليم ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة،

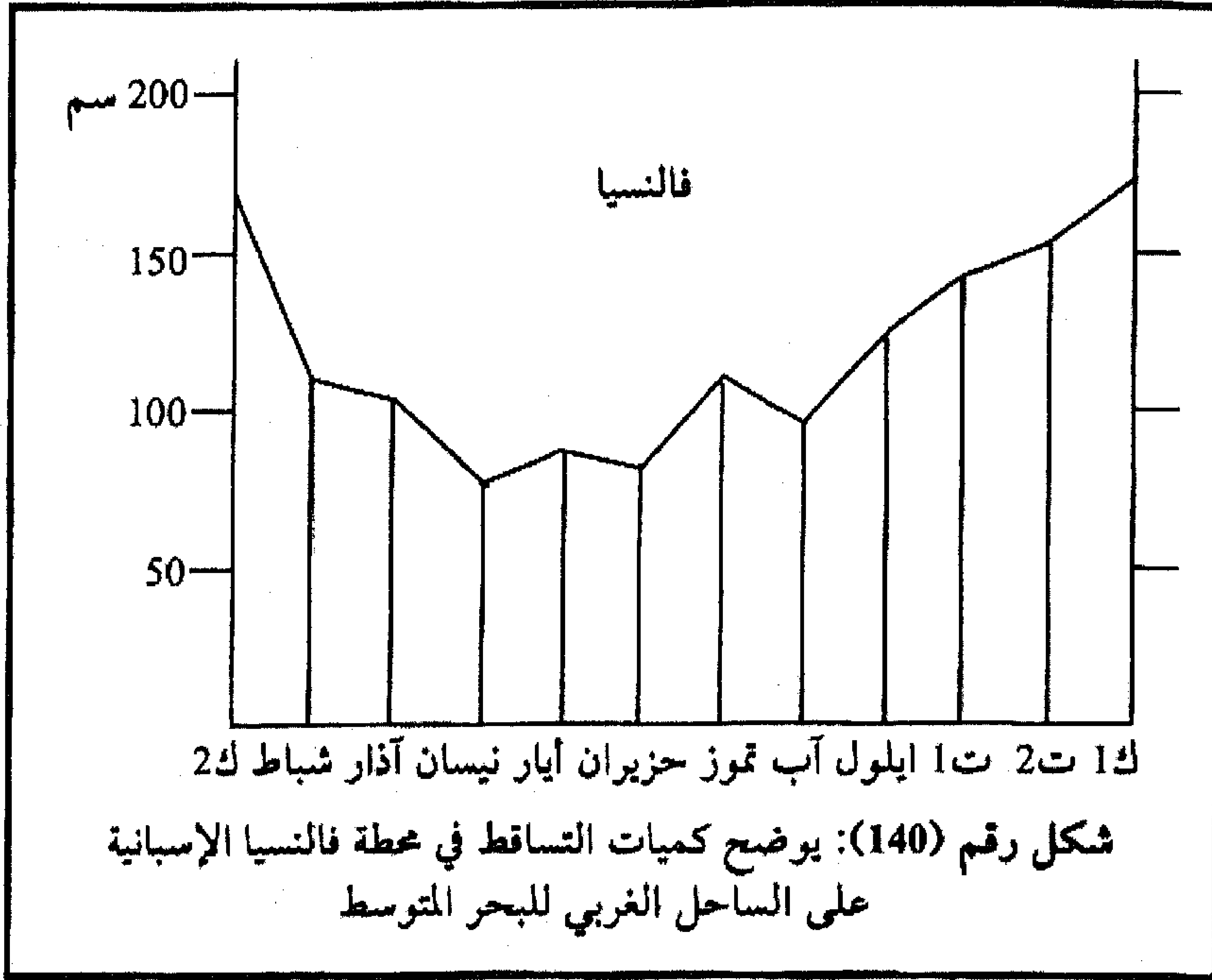
(1) Ibid.



ووسط جمهورية التشيلي (مدينة سانتياغو)، وأقصى الطرف الجنوبي الغربي في إفريقية الجنوبية وجنوب غرب أستراليا والمنطقة الشرقية المطلة على الخليج الاسترالي الكبير.

وتتركز أمطاره في أشهر الخريف والشتاء (كانون الأول وكانون الثاني وشباط وآذار ونيسان وتشرين الثاني)، حيث تتراوح كمياتها من محطة مناخية لأخرى حسب موقعها الفلكي وارتفاعها عن سطح البحر وتأثير التيارات البحرية عليها. فمثلاً تصل كمية التساقط في محطة مدينة حيفا لنحو 80 سنتمتراً، ولكنها تهبط في مدينة غزة لنحو 20 سنتمتراً فقط. ويعزى ذلك إلى أن الأولى تتعامد عليها الرياح العكسية، بينما تكون موازية لساحل مدينة غزة. وبينما بلغ معدل التساقط في مدينة يافا نحو 800 ملمتر في المتوسط. نجد أن كمية المطر في محطات أزرق الصفاوي وأزرق الدروز في قلب البادية الأردنية؛ قد وصلت لنحو 70 و65 ملمتراً على التوالي[1]. وبينما تقع محطة أزرق الدروز على ارتفاع 520 متراً فوق سطح البحر وموقعها الفلكي على درجة عرض 31° شمالاً وخط طول 49 36° شرقاً، نجد أن محطة يافا تقع على درجة عرض 32° شمالاً وعلى خط طول 50 34° شرقاً على ساحل شرق البحر المتوسط. وبينما نجد طول الفصل المطير في مدينة تونس الواقعة على درجة عرض 55 40° شمالاً، وخط طول 9 10° شرقاً يمتد لنحو 12 شهراً!! كما تمثله مدينة فالنسيا الإسبانية الواقعة على الساحل الغربي للبحر المتوسط كما في الشكل رقم 140:

(1) د. علي احميدان، إقليم حوض الأزرق بالأردن، المرجع نفسه.



شكل رقم (140): يوضح كميات التساقط في محطة فالنسيا الإسبانية على الساحل الغربي للبحر المتوسط

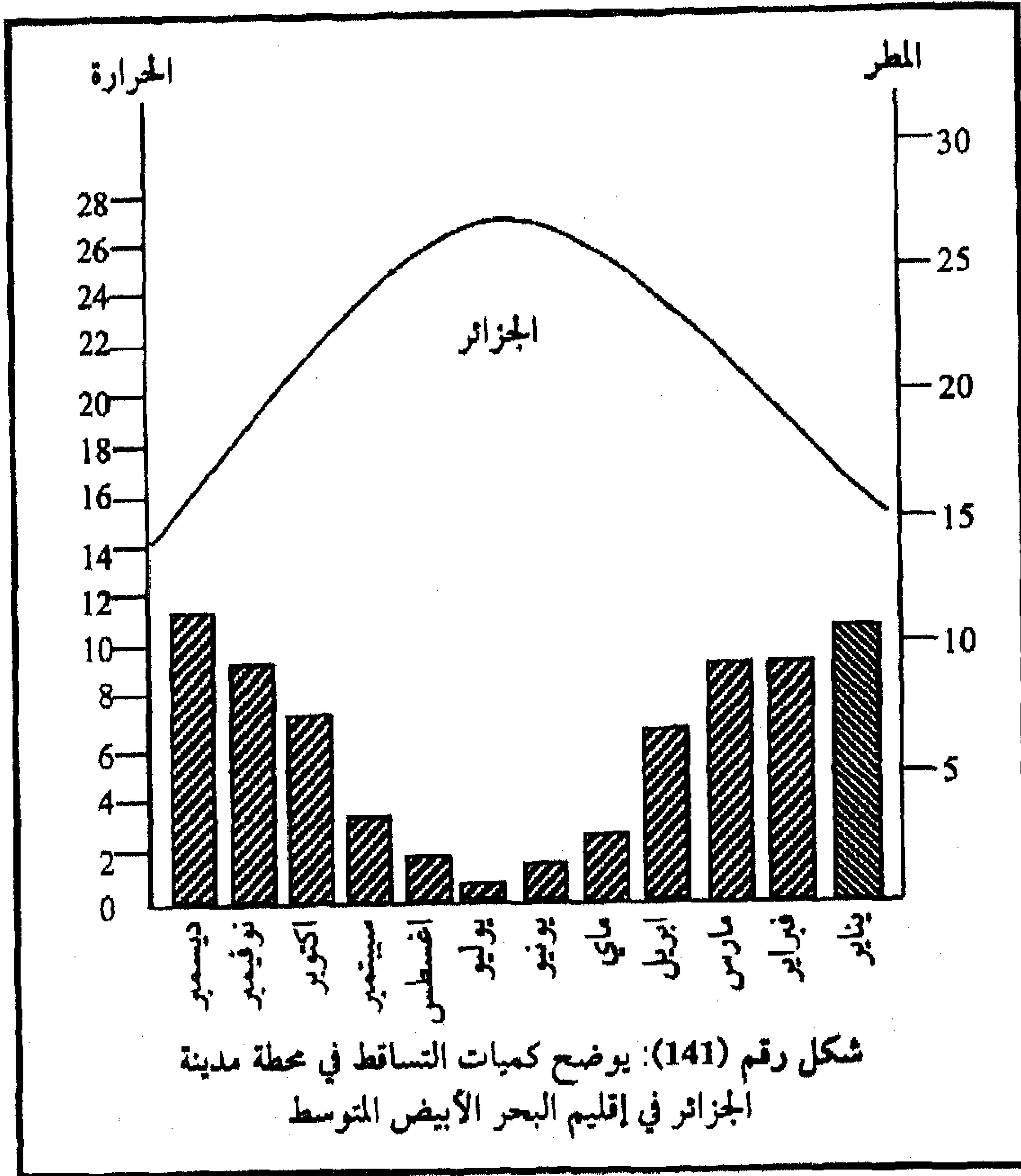
أما فيما يتعلق بدرجات الحرارة فنجد أن هذا الإقليم يتصف بصيف طويل حار جاف وبفصل شتاء قصير ماطر معتدل. فدرجات الحرارة تتفاوت ما بين 55° ف إلى 70°ف. وبذلك يختلف عن الأقاليم السابقة اختلافاً كبيراً، إذ نجد الأقاليم الاستوائية والموسمية والصحراوية، يزيد هذا المعدل 82° ف في المتوسط. وما ذكرناه عن تباين كميات التساقط في المحيطات المناخية في هذا الإقليم، يندرج على معدلات درجات الحرارة كذلك.

فبينما نجد معدل الحرارة في مدينة سان فرانسيسكو 55 ف، والواقعة عند تقاطع درجة العرض 36 37° شمالاً مع 122 غرباً، وعلى ارتفاع ثمانية أقدام فوق سطح البحر، فإننا نجده في محطة مدينة الجزائر، قد بلغ نحو 65° ف. علماً بأنها تقع على ارتفاع 22 متراً فوق سطح البحر، وعند تقاطع درجة عرض 50 36° شمالاً و3° درجات شرقاً. ويعزى هذا التفاوت في درجة الحرارة إلى أن المحطة الأولى تتأثر بتيار كاليفورنيا البارد الذي يمر بمحاذاتها، بينما لا تتأثر الثانية

بأي تأثير لذلك في البحر المتوسط. كما تتأثر درجة الحرارة بالقرب أو البعد عن المسطحات المائية. فبينما نجد معدل الحرارة في يافا يصل لنحو 68° ف، نجده يصل في محطة أزرق الدروز في قلب البادية الأردنية لنحو 77° ف. وبينما يصل المدى اليومي في الأولى لنحو 54° ف، يصل المدى الحراري اليومي في الثانية لنحو 62° ف. ويعزى ذلك لوقوع الأولى على ساحل البحر المتوسط، والثانية في قلب الصحراء الأردنية بعيداً عن المؤثرات البحرية. وغالباً ما تهبط درجة الحرارة في البادية الأردنية لما دون درجة التجمد، كما حدث في 21/ 1/ 1989م، في محطة الرويشد لنحو 64ف[1]. علماً بأنها تقع عند تقاطع درجة عرض 40´ 32° شمالاً وخط طول 50 38° شرقاً.

ويقع الإقليم في فصل الصيف تحت تأثير الرياح التجارية الجافة، والتي تصل على الجهات الغربية فيه جافة، بعد أن تفقد كافة حمولتها من الأمطار على الجهات الشرقية. كما أنها لا تتأثر بمساحة البحر المتوسط عند عبورها لمياهه، وتدخل إلى مناطق أكثر حرارة وجفافاً من المناطق الآتية منها، بالإضافة إلى تشكل منطقة الضغط المرتفع فيما وراء المدارين (30 °- 35° شمالاً وجنوباً) وهبوط الهواء البارد الجاف فيها.

(1) د. علي احميدان، إقليم حوض الأزرق في الأردن، دار الفكر، القدس، 2002م.



شكل رقم (141): يوضح كميات التساقط في محطة مدينة الجزائر في إقليم البحر الأبيض المتوسط

وحينما يتزحزح الضغط الجوي في فصل الشتاء جنوباً، وتنفتح الطريق أمام المنخفضات الجوية لعبور البحر المتوسط وتصبح الرياح الجنوبية الغربية (العكسية) هي السائدة، والتي تدفع المنخفضات الجوية Depressions أو الأعاصير الشتوية باتجاه هذا الإقليم، وخاصةً على سواحله الشمالية والجنوبية والشرقية والغربية، وتتناقص أمطاره كلما ابتعدنا صوب خط الاستواء جنوباً، حتى يتلاشى نهائياً في الصحاري المدارية والمعتدلة. ولكن يزداد طول الفصل المطير فيه مع الاتجاه نحو القطبين. حتى نصل إلى مناطق سقوط المطر فيها طيلة العام كمناخ غرب أوروبا. وقد سبقت الإشارة إلى طول الفصل في مدينة جنوة الإيطالية لمدة 12 شهراً، بينما تصل في مدينة تونس لمدة سبعة أشهر، وفي مدينة

طرابلس الغرب الواقعة على خط طول 13° شرقاً ودرجة عرض 30 32° شمالاً يطول لمدة أربعة أشهر فقط.

ومن المدن التي تمثل هذا الإقليم أصدق تمثيل مدينة أزمير Azmir التركية، الواقعة على ساحل بحر إيجه، وموقعها الفلكي (على درجة عرض 5 38° درجة شمالاً وخط طول 40 26° شرقاً وتتراوح كمية التساقط فيها ما بين 60-160 سنتمتراً سنوياً. كما تتناقص الأمطار فيه من الغرب إلى الشرق، حيث بلغت في مدينة الجزائر 75 سنتمتراً، ووصلت في طرابلس الغرب لنحو 34 سنتمتراً وفي غزة لنحو 20 سنتمتراً.

إقليم المناخ شبه المداري الرطب (الإقليم الصيني)

يقع هذا الإقليم بين دائرتي عرض 25° - 35° شمالاً وجنوباً تقريباً. حيث يظهر لحد ما في نفس العروض التي يسود فيها إقليم مناخ البحر المتوسط السابق. ولكنه يقع في شرق القارات وليس في غربها. وبينما تتركز أمطار إقليم البحر المتوسط في أشهر الشتاء والخريف تتركز أمطار هذا لإقليم في الفصل الصيفي مع ارتفاع في درجة الحرارة والرطوبة لحد كبير.

وتسقط أمطار هذا الإقليم بفعل الرياح الموسمية والتجارية التي تهب على أراضية من ناحية المسطحات المائية المجاورة. أما في فصل الشتاء فتسقط في أراضيه الأمطار بفعل المنخفضات الجوية القادمة من الغرب؛ حينما تدخل هذه المناطق ضمن نطاق الرياح الغربية. ولكن أمطاره الصيفية أكثر غزارة من الأمطار الشتوية. وتمثله مدينة تشونجكنج Chungking الواقعة على درجة عرض 30 ° شمالاً وخط طول 107 شرقاً. كما تمثله مدينة سدني Sydney بأستراليا وموقعها الفلكي على درجة عرض 52 33° جنوباً وخط طول 12 151

شرقاً، وعلى ارتفاع 138 قدماً فوق سطح البحر[1]. وتتفاوت كمية المطر في هذا الإقليم ما بين 200 ملمتر إلى 1000 ملمتر بوجه عام. ولكنه يزيد عن ذلك فوق المرتفعات المحاذبة للسواحل؛ حينما تكون الرياح متعامدة عليها فتسقط الأمطار بكميات تتراوح ما بين 3800 إلى 5100 ملمتر (150-200 بوصة) [2].

أما في قارة أمريكا الشمالية فتمثله مدينة شارلستون في ولاية كاليفورنيا الجنوبية الواقعة على درجة عرض 55 °32 شمالاً، وخط طول °80 غرباً وعلى ارتفاع 49 قدماً فوق سطح البحر. أما في قارة أمريكا الجنوبية فتمثله مدينة بيونس أيرس الواقعة على درجة عرض °35 شمالاً وخط طول °59 غرباً وعلى ارتفاع 82 قدماً فوق سطح البحر.

ويتمثل هذا الإقليم في الأراضي الواقعة جنوب شرق أمريكا الشمالية، وجنوب شرق أمريكا الجنوبية، وجنوب شرق إفريقية (مناخ ناتال) Natal. كما يتمثل في جنوب شرق القارة الأسترالية (سيدني)، وفي شرق الصين الشعبية ووسطها.

ومن الجدير بالذكر أن هذا الإقليم يختلف عمن سواه من الأقاليم الأخرى، كمناخ البحر المتوسط، ومناخ شرق أوروبا أنه مركز لتشكل الأعاصير المدارية والتورنادو ومنها:

أ. الأعاصير المدارية التي تظهر في فصل الصيف، حينما تدخل أراضيه ضمن نطاق الرياح التجارية. ومن أهم هذه الأعاصير أعاصر الهاريكين التي تضرب جزر البحر الكاريبي، وسواحل أمريكا الوسطى وسواحل خليج المكسيك، مثل أعاصير ريتا Rita وبيتا Bita وفلويد Flyed وستان Stan

(1) Driscoll, D. M. P . cit. P. 216.
(2) Ibid, P. 216/

وديفيد David وكاترينا Catrina وستانلي Stanly وغيرها بعد نشأته في غرب المحيط الأطلسي.

ب. أعاصير التيفون Typhone التي تنشأ في غرب المحيط الهادي وتضرب سواحل الصين وكوريا واليابان والفلبين وغيرها، وتؤدي إلى خسائر جسيمه في تلك المناطق مادياً وبشرياً.

ج. وهناك أعاصير التورنادو Tornado، التي تحدث في وسط وجنوب الولايات المتحدة وتوقع خسائر مادية نتيجة لسرعة الرياح فيها (555 كيلومتراً في الساعة)، أي ضعف سرعة الرياح في أعاصير الهاريكين والتيفون.

كما تؤدي بعض التقليات الجوية في نطاق الرياح العكسية في فصل الشتاء لاندفاع هواء قطبي من سيبيريا في آسيا، ومن شمال كندا في أمريكا الشمالية مما ينجم عنه عواصف ثلجية قارسة البرودة جداً، توقع خسائر مادية في المنتجات الزراعية والأنفس البشرية.

ومما يميز هذا الإقليم عن إقليم البحر المتوسط أن تفاوت الحرارة بين المسطحات المائية واليابس تؤدي إلى تباين في الضغط الجوي والرياح. فحينما يكون الضغط الجوي منخفض على سطح اليابس؛ تهب الرياح الموسمية والتجارية من الضغط المرتفع فوق المسطحات المائية المجاورة؛ ويسقط المطر بغزارة على المرتفعات المحاذية للساحل، والعكس في فصل الشتاء، حينما يصبح الضغط مرتفعاً على اليابس فتهب الرياح منه اتجاه المسطحات المائية، حيث الضغط المنخفض، وإذا ما عبرت الرياح من فوق المياه الدافئة كالبحار الشاطئية والخلجان فإنها تسقط الأمطار ولكن بكميات أقل مما يسقط في فصل الصيف.

إقليم المناخ البحري (غرب أوروبا)

تنحصر مناطق هذا الإقليم المناخي فيما بين دائرتي عرض 40°-60° شمالاً. أما في نصف الكرة لجنوبي فلا يتمثل في القارة الإفريقية بسبب عدم امتدادها نحو الجنوب مثل أمريكا الجنوبية. ويتمثل في نصف الكرة الشمالي في شمال غرب أوروبا بحيث يضم مناطق شمال غرب جزيرة إيبريا وشمال غرب فرنسا وهولندا وبلجيكيا والنرويج وجنوب ووسط الجزر البريطانية.

كما يتمثل في قارة أمريكا الشمالية في الساحل الشمالي الغربي منها بين دائرتي عرض 40°-60° شمالاً مع جزء من ساحل الولايات المتحدة والقسم الأعظم من ساحل كندا. حيث يمتد من جزيرة فانكوفر Vancover حتى ساحل ولاية ألاسكا الأمريكية.

أما في نصف الكرة الجنوبي فيتمثل خير تمثيل في جزيرة نيوزيلندا الجنوبية وجزيرة تسمانيا وفي أقصى جنوب جمهورية التشيلي، في منطقة صغيرة من مساحتها الكلية. ويطلق على هذا الإقليم أحياناً بإقليم مناخ غرب أوروبا، لأنه يتمثل بسماته المناخية أصدق تمثيل في هذا الجزء من العالم. ومن الجلي، أن تسميته بالمناخ البحري تعزى إلى أنه يتأثر لحد كبير بالمؤثرات البحرية المطلقة تأثراً كبيراً.

وتعتبر هذه السمات المناخية من المميزات التي ينفرد بها هذا الإقليم عن غيره من الأقاليم الأخرى. ونتيجةً لاتساع اليابس بمساحات أكثر في نصف الكرة الشمالي عنه في نصفها الجنوبي؛ جعله يكون أكثر تمثيلاً في شمال غرب أوروبا عنه في النصف الجنوبي.

ويلاحظ أن هذا الإقليم يتمتع بسمات الموقع البحري حيث تهب الرياح الغربية الدائمة فوق المحيط الأطلسي الشمالي الذي يعبره تيار خليج المكسيك



والذي تبلغ درجة حرارته 27 مئوية، فتحمل كميات كبيرة من بخار الماء عند مرورها من فوقه، وحينما تصل لليابس الأوروبي في جزيرة ايرلندا وسواحل شمال غرب أوروبا، تلقي بحمولتها من الأمطار الغزيرة والمنهمرة خاصة في فصل الصيف. وتعتبر محطة مدينة ليمارك Leemark الواقعة في إيرلندا على درجة عرض 20´ 52° شمالاً وعلى خط طول 20 8° غرباً المدينة المثالية لهذا المناخ البحري، حيث وصل معدل التساقط فيها لنحو 250 سنتمتراً في المتوسط سنوياً.

أما في نصف الكرة الجنوبي فتمثله مدينة دانيدين Danidine على ساحل نيوزيلندا الجنوبي والواقعة على دائرة عرض 46 ° جنوباً، وخط طول 171 ° شرقاً، وعلى ارتفاع 2390 قدماً فوق سطح البحر. حيث بلغ معدل التساقط فيها (250 بوصة) 625 سنتمتراً في السنة. أما معدل الحرارة فبلغ 10.4° م والمدى الحراري فيها بلغ 8° درجات مئوية. أما في قارة أمريكا الشمالية فتمثله محطة مدينة فانكوفر في كندا، الواقعة على درجة عرض 49° شمالاً وخط طول 123 درجة غرباً، وعلى ارتفاع 134 قدماً فوق سطح البحر. حيث بلغ معدل التساقط فيها نحو 250 سنتمتراً (98 بوصة) ومعدل الحرارة فيها 10° م. وبالرغم من أن الأمطار تسقط في هذا الإقليم طيلة العام، إلا أن هناك هبوطاً ملحوظاً في كمية أمطار الصيف أحياناً، إذ ربما تعرضت بعض نواحيه لشيء من الجفاف النسبي خلال شهري حزيران وتموز. كما أن هناك تبايناً آخر بين مطر الشتاء ومطر الصيف. فبينما يسقط مطر الشتاء رذاذاً مستمراً، مع توالي الأعاصير الواحد تلو الآخر؛ نجد أمطار الصيف تسقط في صورة أمطار غزيرة ومنهمرة، ولكن بصورة متقطعة. ويعزى إلى ذلك أن الضغط الجوي المرتفع يسود فوق كتلة أوراسيا فلا تستطيع الرياح الغربية التوغل في قلب اليابس شتاءً؛ بينما يسود الضغط الجوي المنخفض فوق سطح اليابس في أوراسيا صيفاً، فتندفع نحوه الرياح الغربية حاملةً

الغيث بكميات كبيرة، لتلقي بها فوق أراضي تلك الدول التي تتأثر بها تلك الرياح المطيرة والدفيئة.

وحينما تعبر هذه الرياح في شمال المحيط الهادئ من فوق التيار الأسود الدفيء (كوروشيفو)، تحمل كميات كبيرة من بخار الماء فتلقي بحمولتها من الأمطار الغزيرة على ساحل شمال غرب أمريكا الشمالية (من 40 إلى 60 شمالاً)، وعلى سفوح جبال الروكي الغربية حيث يكثف الغطاء النباتي لحد كبير من أشجار الشربين والدوغلاس والبتولا Batula والبيسية الحمراء نتيجةً لهذه الأمطار الغزيرة. ولذلك فإن مياه هذا الإقليم البحري لا تعرف التجمد شتاءً ولا يزيد المدى الحراري فيه عن 25° ف.

وتعتبر أمطار هذا الإقليم من النوع الإعصاري في معظمها حيث تسقط نتيجة لتشكل الأعاصير التي تنجم عن تقابل الكتل الهوائية الباردة مع الكتل الهوائية الرطبة الدفيئة وخاصةً في فصل الشتاء. كما تظهر في هذا الإقليم ظاهرة مناخية يتصف بها وهي ظاهرة تشكل الضباب الذي يحدث نتيجة لكثرة التيارات المائية الدفيئة والتيارات الباردة، التي يؤدي تشكل الهواء الساخن مع الهواء البارد إلى تكوين هذه الظاهرة المناخية على سواحل جزيرة نيوفونولاند والجزر البريطانية؛ وسواحل فرنسا والأراضي المنخفضة، بالإضافة إلى كثرة حدوث الاضطرابات الجوية فيه. ولذلك يختلف الطقس فيه اختلافاً كبيراً من وقت لآخر ومن يوم لآخر. وقد قيل سابقاً إن مناخ الجزر البريطانية تمارس طقساً أكثر مما تمارس مناخاً.

وتتفاوت كمية التساقط من محطة لأخرى، حسب موقعها بالنسبة لسفوح المرتفعات من حيث مواجهتها للرياح الرطبة أو وقوعها في ظل الجبال، وتأثر الساحل بالتيارات البحرية وخاصة الباردة. حيث نجد في التشيلي أن كمية التساقط في هذا الجزء هي أقل من كمية المطر في بقية أنحاء الإقليم، بسبب مرور



تيار بيرو البارد بجوار ساحل التشيلي، بينما تزيد كمية التساقط على سواحل نيوزيلندا الجنوبية نتيجةً لتأثرها بتيار شرق أستراليا الدافئ. وبوجه عام، تتفاوت كمية المطر فيه ما بين 50 إلى 250 سنتمتراً في جميع نواحيه.

إقليم مناخ الاستبس (السهوب)

يقع هذا الإقليم داخل العروض شبه المدارية في وسط القارات. بين إقليم الغابات المعتدلة في الصين والغابات النفضية في القارة الأوروبية. وقد سمي بإقليم السهوب، حيث تغطي أراضيه حشائش قصيرة لا يزيد ارتفاعها عن قدمين (60 سنتمتراً). ويعزى سبب نشوئها لقلة الأمطار الساقطة في هذه السهوب المترامية الأطراف، ولا تكاد تظهر فيها أشجار الغابات بشكل محسوس. وتمتد من جنوب شرق أوروبا لتشمل سهول أكرانيا وسواحل البحر الأسود الشمالية وسهول تركستان الروسية حول بحر آرال Aral وبحيرة بلكاش، حتى سهول منغوليا في وسط آسيا. وتغطيها حشائش الاستبس Steppes. حيث تضم تنوعاً كبيراً من النباتات، ولكنها تبدو جميعاً في حالة متشابهة، لتكون موطناً رئيساً لرعاة الخيول المثالية، لدى التتار والترك والمغول. وقد تدفقت من هذه الأقاليم جحافل وجيوش المغول والتتار صوب الأراضي الزراعية المتحضرة في كل من الصين والهند والهلال الخصيب وشرق أوروبا. ومنها اجتياح جنكيزخان عام 1256م (656 هـ) لمدينة بغداد وأرض الشام واجتياح الأباطرة من فرغانة لشبه القارة الهندية ومنهم بابر وأورانجزيب وأكبر في بداية القرن السادس عشر، وبالضبط عام 1504م، حينما تأسست الإمبراطورية المغولية في شبه القارة الهندية حتى سقطت عام 1735م على يد الشركة الإنجليزية[1]. كما أدت الاجتياحات

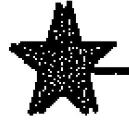
(1) د. علي احميدان، مدينة راولبندي- إسلام آباد، دراسة مدنية، جامعة القاهرة، 1976م.

المتلاحقة من هذا الإقليم إلى دول الصين المتعاقبة لبناء سور الصين العظيم أمام هجماتهم ليصبح إحدى عجائب الدنيا السبع؛ والحقيقة هو صد غائلة هجمات هؤلاء الرعاة المغول في وسط آسيا نتيجة تعرض هذا الإقليم لتذبذب الأمطار فيه بين الفينة والأخرى.

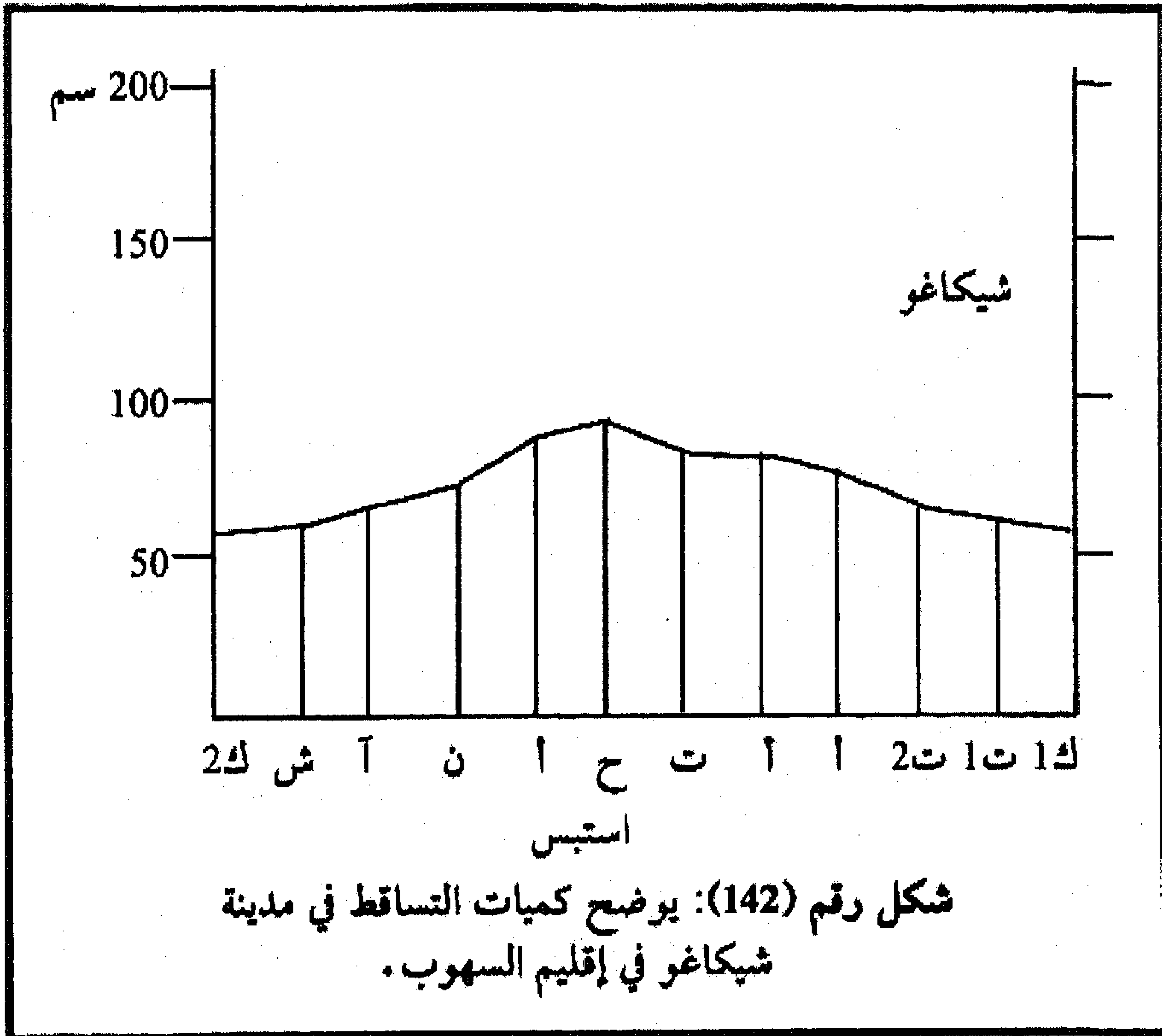
إلا أن هذا المنظر الطبيعي لهذه السهول الرعوية المترامية الأطراف لم تبق كما كانت على زمن جنكيز خان والتتار وتيمورلنك وبابر Baber، وإنما امتدت إليها يد الاستغلال الزراعي بالتعديل والتطوير، وفي جهات متعددة منه، حيث أن تربة اللويس التي تغطي معظم أراضيه، قد خضعت في البداية للمحاريث البدائية وللعصا المعقوفة، التي كانت الوسيلة الوحيدة التي يستطيع الإنسان بها أن ينبش الأرض في أولى مراحل حضارته الزراعية. وقد قضى رعاة المغول والقرغيز والتركمان والقلمق والأوزبك ردحاً طويلاً من الزمن في احتراف حرفة الرعي؛ إلى أن أجبرتهم الظروف السياسية المعاصرة على تحويل تلك الأراضي الرعوية؛ إلى حقول القمح والشعير والشيلم والذرة والشوفان؛ والقطن وعبّاد الشمس والبقوليات وغيرها لسد حاجة البشر الذين يعيشون فيها.

ولكن يبرز الفرق الكبير بين الحياة الرعوية في سهول وسط آسيا، والتي ما زالت ترعى الخيول في (منغوليا)، وبين حياة الروس في التربة السوداء في سهول أكرانيا الزراعية؛ وسهول كيسيل- كوم جنوب بحر آرال شرق بحر قزوين، بالرغم من تشابه الظروف الطبيعية بينهما من حيث المناخ والتربة والنبات.

كما يضم هذا الإقليم، سهول الاستبس في حوض المجر، وهو سهل مموج تمرح فيه الخيول والماشية، ويرعاه فرسان التشيكر الذين يحترفون حرفة الرعي كأشباه البدو، قبل أن تقرر الحكومة المجرية تحويلها لحقول القمح والذرة. كما يشبه سهول وسط آسيا وجنوب شرق أوروبا، مراعي أمريكا الشمالية في السهول العظمى (البراري)، حينما كانت تسرح فيها قطعان الخيول البرية وثيران

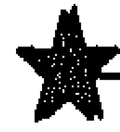


البيسون والحيوانات البرية الأخرى، وخاصة زمن الهنود الحمر، وقبل مجيء الأوروبيين إليها في مطلع القرن السادس عشر الميلادي (1501م). ولكن الحكومة الأمريكية في القارة الشمالية، حولتها إلى أراضٍ زراعية من الدرجة الأولى، لتنتج ملايين الأطنان من القمح الشتوي والربيعي والذرة الصفراء والأرز والقطن والبقوليات؛ وأصبحت أمريكا الشمالية حالياً سلة خبز للعالم في هذه المنتجات الزراعية التي لا تقل أهمية عن التقنية المتقدمة التي تتحلى بها بين دول العالم المختلفة، وتمثله مدينة شيكاغو أصدق تمثيل في سهول الاستبس الأمريكية.



شكل رقم (142): يوضح كميات التساقط في مدينة شيكاغو في إقليم السهوب.

وما يقال عن سهول وسط غرب الولايات المتحدة، ينـدرج أيضاً على سهول الباماس في الأرجنتين التي كانت وما زالت؛ مصدر رئيس لإنتاج



المحاصيل الحقلية، وعلى رأسها القمح والأرز والذرة والبقوليات والمراعي، وتصدير اللحوم والأصواف والجلود ومشتقات الألبان.

ويسود هذا الإقليم في الجهات الداخلية للقارات حيث يقع ضمن نطاق الرياح الغربية. كما تسقط معظم أمطاره في فصلي الربيع والصيف. وذلك لكون اليابس في داخل القارات يمثل مركزاً لضغط منخفض. وعليه، فالرياح الغربية والمنخفضات الجوية تستطيع التوغل كثيراً داخل اليابس القاري. كما أن بعض أمطار هذا النظام تسقط بفعل التيارات الهوائية الصاعدة، في فصلي الربيع والصيف نتيجة اشتداد حرارة اليابس.

أما فيما يتعلق بالخصائص المناخية لهذا الإقليم، فيلاحظ أن درجة الحرارة في أشهر الشتاء تهبط لما دون درجة التجمد. وهذا الوضع نادراً ما يحدث في المناخ المداري الجاف وشبه الجاف.

أما خلال أشهر الصيف فترتفع درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً لأكثر من 75 ف، فمدينة أوماها (ولاية نبراسكا) والواقعة على درجة عرض 14 41° شمالاً و54 95° غرباً وعلى ارتفاع 977 قدماً فوق سطح البحر، تصل درجة الحرارة في شهر تموز فيها لنحو 77° ف. وفي شهر كانون ثاني لنحو -6 °م تحت درجة التجمد. وبذلك بلغ المدى الحراري السنوي فيها نحو 83° ف!! وهذا يشير لشدة قارية هذا المناخ بالنسبة لمناخ غرب أوروبا والبحر المتوسط.

أما في القارة الأوروبية فتمثل هذا الإقليم في مدينة كييف الأوكرانية، وموقعها الفلكي (50° شمالاً وخط طول 31° شرقاً)، حيث بلغ معدل الحرارة لأحر الشهور في تموز نحو 66 ف، ولأبرد الشهور في كانون الثاني نحو 21 ف تحت الصفر، وبذلك يصل لنحو 87° ف. أما معدل التساقط في مدينة أوماها فقد بلغ 755 ملمتراً في المتوسط السنوي، ومدينة كييف الأوكرانية بلغ مجموع كمية



التساقط السنوي فيها نحو 670 ملمتراً. ولكن كمية التساقط في هذا الإقليم يتراوح ما بين 500- 1600 ملمتر في المتوسط بوجه عام.

ونتيجةً لانخفاض درجة الحرارة في بعض أشهر الشتاء لما دون درجة التجمد، وارتفاعها في بعض أشهر الصيف لأكثر من 75° ف وانخفاضها لنحو 21° ف تحت الصفر، أدى لتسميته باسم المناخ القاري البارد. وقد ترتب على هذا الانخفاض الشديد في درجة الحرارة في فصل الشتاء في بعض الأجزاء الداخلية من هذا الإقليم، إلى تجمد المياه في بعض مجاري الأنهار لفترات يتفاوت طولها من منطقة لأخرى. ولكنها تزداد طولاً كلما توغلنا في اليابس نحو الشرق بوجه عام. فبينما تتجمد مياه نهر الراين عند مدينة كولون ما بين 3-4 أسابيع، فإن مياه الحوض الأدنى لنهر الدانوب تتجمد لفترة يتراوح طولها ما بين خمسة إلى ستة أسابيع متتالية من كل عام.

إقليم المناخ المداري شبه الجاف والجاف

أول ما يتبادر للذهن عند قراءة اسم هذا الإقليم، افتقاره للحياة النباتية والحيوانية. بل وتصبح سمة الجفاف فيه هي الصفة الغالبة على مناخه المداري بوجه عام. فكمية التساقط فيه لا تتجاوز بأي حال من الأحوال عن 200 مليمتر في المتوسط لسنوات عديدة. وحينما نقول إن هذا الإقليم يخلو من النباتات والحيوانات البرية خلواً تاماً، فإن في ذلك نوعاً من المبالغة لحدٍ كبير.

ولكن النباتات في هذا الإقليم الصحراوي المداري لا تتصف بالتنوع ولا بالغنى، كما هو الحال في الأقاليم الرطبة، كمناخ غرب أوروبا أو مناخ السفانا مثلاً، وإنما توجد فيه أنواع من النباتات التي تتحمل قسوة الجفاف الشديد والحرارة العالية مثل شجيرات الأثل والطرفا والصبار وشجيرات الديس والقطف والسلم والسنط وغيرها. وجميعها تنمو في شكل متناثر وهزيل، خاصةً

في مسارب الأودية؛ حيث يتوافر الماء الباطني في تلك الأودية والواحات، أما فيما عدا ذلك، فلا تقوم حياة نباتية أو حيوانية إلا حينما تتوافر عيون الماء في الواحات- إن وجدت- أو على ضفاف الأنهار الجارية عبر الأراضي الصحراوية كنهر النيل ونهر كلورادوو نهري يسيحون وجيحون في صحراء كسيل- كوم مثلاً وغيرها.

ويتصف هذا الإقليم- بوجه عام- بأن نسبة التبخر فيه أعلى بكثير من كميات التساقط الفجائية التي يتعرض لها في بعض السنوات. ولذلك يحدد بأنه الإقليم الذي لا تتجاوز كميات التساقط فيه الـ 200 ملمتر في المتوسط.

وتوجد منطقة انتقالية بين ما تسمى بالصحراء الحقيقية، وبين الأقاليم شبه الجافة شمالها أو جنوبها، أي بينها وبين إقليم البحر المتوسط في الشمال، وبينها وبين إقليم السفانا في الجنوب، كما هو الوضع القائم في حواف الصحراء الكبرى في شمال إفريقية وأطراف صحراء كلهاري في جنوبها، وصحراء ناميبيا في جنوبها الغربي وعلى أطراف أريزونا ونيومكسيكو في الولايات المتحدة الأمريكية.

وبوجه عام، يقع هذا الإقليم بين دائرتي عرض 18- 30 شمالاً وجنوباً في غرب القارات، حيث يلاحظ أن جميع الصحاري المدارية تقع في هذا الجزء من العالم، فيما عدا الصحراء الصومالية. ويعزى سبب وقوعها هذا إلى نهاية رحلة الرياح التجارية والموسمية، التي تصل لتلك المواقع جافة بعد فقدانها لرطوبتها لأقل من 200 ملمتر فما دون. كما يساهم في تشكيل هذه الصحاري أحياناً مرور التيارات الباردة كتيار كناري البارد على الساحل الغربي للصحراء الكبرى الإفريقية جنوب مراكش، وتيار كاليفورنيا البارد غرب كاليفورنيا وأيرزونا، والتيار الاسترالي البارد غرب الصحراء الاسترالية وتيار ناميبيا (بنجويللا) غرب صحراء ناميبيا في جنوب إفريقية.

ويضم هذا الإقليم صحاري نيومكسيكو وأديزونا وسونورا Sonnora، بأمريكا الشمالية وصحراء اتكاما في شمال التشيلي: وصحراء ثار Thar في شمال غرب الهند والصحراء الكبرى في شمال إفريقية وصحراء كلهاري في جنوبها، وصحراء النفوذ في شمال شبه الجزيرة العربية (شمال مدينة حائل)، وصحراء الربع الخالي جنوبها وصحراء وسط وغرب أستراليا.

ومن أهم المحطات المناخية التي تمثل هذا الإقليم محطة عين صالح بالجزائر، والواقعة على درجة عرض 27° شمالاً وخط طول 2 شرقاً وعلى ارتفاع 918 قدماً فوق سطح البحر. وقد بلغ معدل الحرارة لأحر الشهور (تموز) فيها نحو 90° ف، أما معدل أبرد الشهور كانون ثاني فقد بلغت 61° ف، ووصل المدى الفصلي لنحو 29° ف. أما كمية التساقط فقدرت فيها بصفر ملمتر.

كما يلاحظ أن توزيع الصحاري الحارة في شمال إفريقية، وفي وسط وغرب القارة الاسترالية يعزى لاتساع القارتين اتساعاً كبيراً في تلك العروض المدارية. وما من ريب في أن اتصال القارة الإفريقية بكتلة آسيا من ناحية الشرق قد أدى لعظم امتداد تلك الصحاري بهما. كما أدى امتداد المرتفعات الاسترالية على سواحلها الشرقية إلى استحالة توغل الرياح المطيرة نحو المناطق الوسطى والغربية منها. كما أدى ارتفاع حافة الهضبة الإفريقية في جنوب إفريقيا إلى منع توغل الرياح المطيرة من الوصول إلى عمق القارة، الأمر الذي أدى لظهور صحراء كلهاري وصحراء ناميبيا.

أما في أمريكا الشمالية فالوضع مختلف، حيث أن اليابس يضيق بشكل فجائي تقريباً جنوب دائرة عرض 30° شمالاً، بحيث يصبح تأثير خليج المكسيك في الشرق والمحيط الهادي في الغرب واضحاً لحد ما في مناخ الأطراف الجنوبية حيث تصل الرياح التجارية والموسمية إلى تلك الصحاري وقد فقدت كل حمولتها تماماً من الأمطار.

أما في قارة أمريكا الجنوبية فنجد أن امتداد جبال الأنديز من الشمال إلى الجنوب قد حصر المناطق الصحراوية في شريط ضيق بين تلك الجبال والساحل مثل صحراء التشيلي وبيرو.

إقليم صحاري العروض الوسطى المعتدلة

يضم هذا الإقليم صحاري غوبي ومنغوليا وصحراء تركستان الروسية وحوض تاريم وصحراء تكلا ما كان وحوض تسيدام، وصحراء أوردوس Ordose الواقعة في شمال الصين على جانبي نهر الهوانغهو. بالإضافة إلى الصحاري الإيرانية ممثلة في صحراء لوط والصحراء الملحية الكبرى في وسط إيران/ والتي تحيطها جبال زاغروس من الغرب وجبال البرز وكوبت داغ من الشمال، وصحراء مارغو Margo، وصحراء هلمند Holmond جنوب أفغانستان بجانب صحاري أمريكا الشمالية ممثلة في الحوض العظيم بين سلاسل جبال الروكي الصخرية. كما يشمل الصحاري المعتدلة في جنوب وجنوب غرب فلسطين، ثم تمتد عبر شرق الأردن فبادية الشام شمال السعودية وبادية السماوة غرب العراق، حتى تعبر أرض الرافدين شرقاً، لتلتحم مع صحاري إيران وأفغانستان كما يشمل هذا الإقليم بتاغونيا Patagonia الصحراوي في أمريكا الجنوبية، والمحصور بين ساحل المحيط الهادي في الشرق وجبال الأندير في الغرب جنوب الأرجنتين.

وما من ريب في أن وقوع بعض هذه الصحاري بين السلاسل الجبلية مثل صحراء تاكلاماكان وحوض تاريم وحوض تسيدام في آسيا، قد ساهمت في تكوين هذا النوع من الصحاري المعتدلة في العروض الوسطى الجافة في القارة الآسيوية. كما حدت السلاسل الجبلية من فاعلية الرياح المطيره سواءً التي تهب من الشرق باتجاه الغرب في آسيا كالرياح التجارية أو الموسمية أو التي تهب من

الغرب إلى الشرق كالرياح الغربية قد ساهمت هي الأخرى في قلة التساقط في هذا الأقليم.

ومن أهم المحطات المناخية التي تمثل هذا الإقليم في بادية الشام هي محطة قرية أزرق الدروز في واحات الأزرق بالبادية الأردنية. التي تقع على درجة عرض 40 32° شمالاً وخط طول 50 38 شرقاً، وعلى ارتفاع 520 متراً فوق سطح البحر. حيث بلغ معدل الحرارة السنوي فيها 67 ° ف، ولأحر الشهور في آب 84° ف، ولأبرد الشهور كانون ثاني 49° ف، وبذلك يبلغ المدى الحراري الفصلي نحو 35° ف.

كما بلغ معدل الحرارة الصغرى في شهر كانون الثاني 36.5 ° ف والعظمى في نفس الشهر 58.1 ف وبذلك بلغ المدى الحراري اليومي فيها نحو 21.1 ° ف. أما التساقط فبلغ 70 ملمتراً فقط.

أما في البادية السورية فتمثلها محطة تدمر الواقعة على درجة عرض 35° شمالاً وخط طول 38° شرقاً وعلى ارتفاع 405 أمتار فوق سطح البحر. وبلغ معدل المدى الحراري فيها نحو 37° ف، حيث بلغ في أحر الشهور آب نحو 84.2° ف وفي أبرد الشهور كانون الثاني 47 ° ف.

وأما التساقط في تدمر فبلغ نحو 120 مليمترا لأنها تقع للشمال من محطة أزرق الدروز بالبادية الأردنية.

ولهذا يلاحظ أن التساقط في صحاري آسيا تتجه من الغرب إلى الشرق تبعاً للرياح الغربية (العكسية)، حيث تتلقى بادية الشام وتركستان الروسية أكثر من 85٪ من الأمطار الخفيفة التي تصل لهذه الصحاري خلال نصف السنة الشتوي، لأنها تتأثر بمناخ البحر المتوسط القريب منها نسبياً. وبالرغم من ضآلة هذه الكمية إلا أن المياه التي تسيل من على سفوح الجبال المحيطة بتلك الصحاري

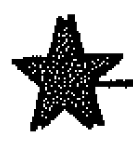
تسهم لحد كبير في ظهور عدد من الواحات في الصحاري الإيرانية والأفغانية الآنفة الذكر.

ولكن من المفارقات الغريبة في هذا الإقليم ومما يميزه عن الأقاليم الصحراوية الأخرى، أن درجات الحرارة فيه تنخفض في أشهر الشتاء انخفاضاً كبيراً تصل لما دون درجة التجمد. فقد انخفضت درجة الحرارة في محطة الرويشد بالبادية الأردنية في شتاء عام 1989م بنحو 66.4° ف تحت الصفر (-18°م) وموقعها الفلكي 50 38 ° شرقاً و 40 32 ° شمالاً!! وهذا الوضع نادر جداً حدوثه في إقليم الصحاري المدارية الجافة وشبه الجافة. ولكن أثناء فصل الصيف ترتفع فيه درجة الحرارة ارتفاعاً كبيراً لتصل في شهري تموز وآب لما يزيد عن 93.4 ف (34 °م). كما أن المدى الحراري اليومي والفصلي كبيرين أيضاً، حيث يصل لنحو 22 ف اليومي، ونحو 36.5 ف للمدى الفصلي.

إقليم الصحاري الباردة

لا يختلف هذا الإقليم عن إقليم الصحاري المعتدلة سوى في انخفاض درجة الحرارة في فصل الشتاء خصوصاً في المناطق الواقعة على حواف إقليم الغابات المخروطية الباردة، إلى ما دون درجة التجمد. أما من حيث درجة الحرارة فترتفع في أشهر الصيف ارتفاعاً يتواءم مع درجات الحرارة في الصحاري المعتدلة لكن الفرق الحراري السنوي واليومي فيه كبير لحد ما.

أما عن وجود هذا الإقليم في نصف الكرة الجنوبي فيتمثل في جنوب صحراء بتاغونيا. ولكن تأثير المحيط الأطلسي الدافئ نسبياً على درجة الحرارة فيها يؤدي إلى تخفيض المدى اليومي والسنوي، إذا ما قورن ذلك بصحاري وسط آسيا وجنوب روسيا الاتحادية.



ومن أهم المحطات التي تمثل هذا الإقليم محطة مدينة استراخان على ساحل بحر قزوين الشمالي: حيث تقع على ارتفاع 142 متراً فوق سطح البحر وعلى درجة عرض 10 46° شمالاً و30 48° شرقاً. وقد بلغ المدى الحراري الفصلي بين أبرد الشهور فيها وهو كانون الثاني 19.4 ° ف، ولأحر الشهور تموز 77°ف. وبذلك يبلغ المدى الحراري 57.6 ف وكمية التساقط فيها 140 ملمتراً.

أما في قارة أمريكا الجنوبية فتمثله محطة مدينة سانتا كروز في ساحل بتاغونيا، حيث تقع على درجة عرض 12´ 50° شمالاً وخط طول 59° غرباً، أما كمية التساقط فيها فبلغت 100 مليمتر في المتوسط.

إقليم المناخ البارد

ويضم هذا النوع من الأقاليم المناخية الثانوية عدة أقاليم من أهمها ما يلي:

أ. المناخ شبه القطبي (الغابات المخروطية) التابيغا.

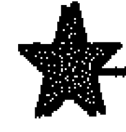
ب. مناخ التندرا.

ج. المناخ القطبي.

د. مناخ المرتفعات.

1. مناخ الغابات المخروطية (التابيغا)

يتواءم مناخ هذا الإقليم مع نطاق الغابات الصنوبرية (المخروطية)، التي أطلق عليها كلمة "تايغا" Taiga باللغة الروسية. ثم أصبح المصطلح يطلق على الجهات المشابهة لهذا الإقليم. ومن سمات هذا الإقليم أنه يتمثل في نطاقين



رئيسيين في نصف الكرة الشمالي فقط، وليس له وجود في نصفها الجنوبي، وهذان النطاقان هما:

أ. نطاق الغابات المخروطية في أوراسيا والذي يمتد من شبه جزيرة كامشاتكا شرقاً، حتى شبه جزيرة اسكندناوة غرباً للجنوب من نطاق التندرا.

ب. أما النطاق الثاني فيتمثل في قارة أمريكا الشمالية جنوب التندرا، ممتداً من شبه جزيرة لبرادور شرقاً حتى أقصى شمال غرب كندا.

ومن أهم سماته المناخية أنه يتصف بانخفاض درجة الحرارة لما دون درجة التجمد، وخاصة في فصل الشتاء لنحو ثلاث درجات فهرنهيته، ولكنها ترتفع في شهر تموز إلى 71° ف، فيصبح المدى الفصلي نحو 68° ف. وتمثله مدينة اورينبرج Orenberge الواقعة على درجة عرض 52° شمالاً وخط طول 55 ° شرقاً.

كما بلغ معدل الحرارة في محطة مدينة ياقوتيا نحو 70° ف في شهر تموز، بينما هبطت في شهر كانون ثاني نحو 60°ف. أي أن المدى الحراري يصل لنحو 130° ف.

وتقع هذه المحطة في سيبيريا الشرقية على درجة عرض 50 61° شمالاً، وخط طول 130° شرقاً، وبلغت كمية التساقط فيها نحو 14 بوصة (355 ملمتراً)، أما كمية التساقط في هذا الإقليم فتتفاوت ما بين 25 بوصة (625) ملمتراً وفي مدينة فاردو (Vardo) النرويجية والواقعة على درجة عرض 15 70° شمالاً، وخط طول 31° شرقاً، بينما تبلغ كمية التساقط في محطة اوربنبرج على جبال الأورال نحو 14 بوصة (35.5 سنتمتراً).

ويتركز معظم تساقط الأمطار في نصف السنة الصيفي، كما يلاحظ أن التساقط في هذا الإقليم يزداد في نصف السنة الشتوي في المحطات الواقعة على السواحل الغربية كسواحل النرويج وغرب كندا.

ولو قارنا المدى الحراري السنوي بين محطة ياقوتيا ومحطة مدينة ترومسو Tromso على ساحل النرويج الواقعة على (درجة عرض 50´ 69° شمالاً وخط طول 50´ 69° شرقاً)، لوجدنا أن المدى الحراري يصل لنحو 130 ف في الأولى، بينما يصل في الثانية بنحو 28 ف فقط. وذلك بسبب تأثير تيار الخليج الدافئ على محطة ترومسو، بعكس محطة ياقوتيا البعيدة عن هذه المؤثرات البحرية الدافئة نسبياً. وعليه نجد أن النسبة في هذا الإقليم تنقسم إلى فصلين هما:

أ. فصل نصف السنة الشتوي، حيث تنخفض فيه درجة الحرارة انخفاضاً كبيراً.

ب. فصل نصف السنة الصيفي، حيث ترتفع فيه درجة الحرارة ارتفاعاً ملحوظاً.

كما أنه يعتبر مصدراً لتشكل أضداد الأعاصير Anti-Cyclones، والتي يرافقها في العادة طقس قليل السحب،ولكنه شديد البرودة في سيبيريا على وجه الخصوص.

3. مناخ التندرا Tundra

يقصد باسم هذا الإقليم المناخي تلك المناطق التي لا ينمو فيها من أشكال الغطاء النباتي سوى الطحالب والأشينات وعنب الثعلب؛ وبعض الحشائش الخشنة القصيرة على حواف الغابة الصنوبرية الشمالية؛ في تلك الأصقاع الشديدة البرودة. ويتمثل هذا المناخ في نطاقين كبيرين يمتدان شمال الغابات المخروطية (التابيغا)، في كل من أوراسيا وأمريكا الشمالية، كما يضم هذا الإقليم سواحل غرينلند وجزيرة آيسلندا.

ومن أهم خصائص هذا الإقليم أن المعدل السنوي لدرجة الحرارة يصل لأقل من 22 ف. أي أن الإقليم متجمد معظم شهور السنة، وتختلف درجات

الحرارة فيه خلال الفترة التي تهبط فيها درجة التجمد اختلافاً كبيراً من منطقة لأخرى، نتيجة لموقع المحطة المناخية، سواء بالنسبة للسواحل المجاورة، وخاصة السواحل الغربية الدفيئة نسبياً حيث تتأثر بالرياح الغربية القادمة من على تيار الخليج الدافئ في المحيط الأطلسي.

أما فيما يتعلق بالمدى الحراري فيه فكبير للغاية، فيبلغ في محطة فاردو Vardo نحو 15 مئوية وفي محطة أوركني Orkney - 11 درجة مئوية. أما كمية التساقط فتبلغ في الأولى 600 ملمتر، وفي الثانية 400 مليمتر. ويتفاوت التساقط كثيراً بين المحطات الواقعة على الساحل الغربي للنرويج وساحل آلاسكا، وبين المحطات الواقعة بعيداً عن السواحل داخل اليابس. ولكن معظم التساقط يحدث على شكل ثلوج، وغالباً ما يتعرض الإقليم للعواصف الثلجية.

جـ. المناخ القطبي

يتصف هذا المناخ بأن معدل الحرارة فيه لا يرتفع في أي شهر من شهور السنة عن درجة التجمد.ولذلك يبقى سطح الأرض فيه مغطى بالجليد الدائم طيلة العام. كما لا توجد فيه أي مظهر من مظاهر الحياة التي تستحق الذكر.

ومن أهم ما يميز هذا الإقليم بوجه عام، هو المدى الحراري اليومي والفصلي الكبيرين. ويزداد كثيراً كلما اتجهنا نحو القطب. حيث أن السنة تقسم إلى فصلين يبلغ كل منهما ستة أشهر. ويكون أحدهما وهو فصل الصيف بمثابة نهار طويل تظهر فيه الشمس لمدة ستة أشهر تقريباً، ويتناقص تدريجياً طول النهار الصيفي، حتى إذا ما وصلنا إلى الدائرة القطبية شمالاً نجد اليوم قد وصل فقط الأربع وعشرين ساعة في 21 حزيران، بينما يكون الليل في نقطة القطب الجنوبي سته أشهر، وتصبح أو ربعاً وعشرين ساعة عند الدائرة القطبية الجنوبية 66.5 جنوباً وبذلك تتغطى الأرض كلها بالثلوج في فصل الشتاء الطويل، كما تتجمد

التربة حتى عمق كبير. فإذا ما حل فصل الصيف تبدأ الثلوج بالانصهار ببطء، ويكون مقصوراً على الطبقة السطحية من التربة. أما الطبقات السفلى، فلا يكفي طول فصل الصيف وضعف حرارته لذوبانها. وبالرغم من ذلك، فإن الدفء تسببه أشعة الشمس في هذا الفصل وضعف حرارته لذوبانها. وبالرغم من ذلك، فإن الدفء الذي تسببه أشعة الشمس في هذا الفصل كافيةً لنمو حشائش الطحالب والحلفا والأشينات في الأجزاء المحاذية للإقليم السابق (التندرا) سواء في أراضي المستنقعات أو مجاري الأودية.

د. مناخ المرتفعات

يتمثل مناخ المرتفعات في المناطق الجبلية الشاهقة الارتفاع مثل جبال الهملايا والأنديز والروكي والألب وغيرها من الجبال والهضاب المرتفعة. ومن المعروف بوجه عام، أنه كلما ارتفعنا 50 متراً عن سطح البحر، كلما انخفضت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة، ويعزى إلى ذلك أن الهواء في طبقات الجو العليا يكاد يخلو من ذرات الغبار وبخار الماء والغازات الثقيلة مثل النيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون، الأمر الذي يؤدي إلى تسرب الحرارة المشعة من سطح الأرض بسهولة، أما في الطبقات السفلى فيعمل بخار الماء وذرات الغبار وثاني أكسيد الكربون على الاحتفاظ بالحرارة وعدم فقدانها بسرعة. كما أن الغلاف الغازي الذي يحيط بالكرة الأرضية يسمح للإشعاع الشمسي بالنفاذ فيه بسهولة دون أن يسخن كثيراً، بل تسري الأشعة الحرارية إلى سطح الأرض فتسخنه. فإذا ما سخن السطح سرت الحرارة منه إلى الطبقة الهوائية الملامسة له، ومن هذه الطبقة إلى الطبقة التي تليها وهكذا.. فالطبقة الهوائية الملامسة لسطح الأرض تكون أشد حرارة من التي فوقها، ولذلك تنخفض الحرارة كلما ارتفعنا عن سطح الأرض درجة مئوية واحدة لكل 150 متراً.

وما يقال عن انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع يندرج أيضاً على تناقص عمود الهواء بالارتفاع أيضاً. ونتيجةً لكل ذلك يتناسب الضغط الجوي تناسباً عكسياً مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر. وليس هناك معدل ثابت لهذا التناقص، لأنه يتأثر بعوامل عدة من أهمها رطوبة الهواء ودرجة حرارته وكثافته[1].

وبالرغم من ذلك فقد أمكن حساب معدلات تقريبية له، حيث أشارت الدراسات إلى أن الضغط الجوي يتناقص بمعدل 10 ملليبارات كلما زاد الارتفاع مائة متر. ويوضح الجدول التالي هذه الظاهرة وهي كما يلي:

جدول رقم (**10**): يوضح تناقص الضغط الجوي كلما زاد الارتفاع

مستوى سطح البحر	←	1013.4 ملليبار
16000 متر	←	101.34 ملليبار
31000 متر	←	10.134 ملليبار
48000 متر	←	1.0134 ملليبار

وعليه، ينخفض الضغط الجوي على ارتفاع 48 كم ليصبح 1.0134 ملليبار، بحيث يتخلخل الهواء حتى نصل لمنطقة تستحيل فيها الحياة البشرية. كما هو الحال في الجهات التي تعلو عن خمسة آلاف متر فوق سطح البحر، حيث ينخفض الضغط الجوي بمعدل بوصة واحدة أو 34 ملليبار لكل 100 قدم.

ويؤثر عامل التضاريس على الأقاليم المناخية من خلال ثلاثة عوامل هي:

أ. خطوط الارتفاعات المتساوية.

(1) د. علي احميدان، المدخل إلى الجغرافية الطبيعية والبشرية، المرجع نفسه.



ب. درجة الانحدار.

ج. توجيه الجبال.

أما فيما يتعلق بالارتفاع وخاصة الجبال، فقد أدى لظهور النطاقات المناخية والنباتية على المستوى المحلي. كجبل كينيا الواقع على دائرة خط الاستواء، وكمرتفعات جبال الهملايا شمال شبه القارة الهندية، وجبال الأنديز المدارية بأمريكا الجنوبية، وهضبة الأكوادور الواقعة على خط الاستواء، ويصل ارتفاعها لنحو 2400 متر فوق سطح البحر. كما يؤدي الارتفاع لتأثيره المباشر على عنصري الحرارة والتساقط بالإضافة إلى كثافة الغطاء النباتي وسمك التربة.

ومن المعروف أن درجة الحرارة تقل في السفوح الجبلية الظليلة، وتزداد في السفوح المواجهة للشمس. وقد استفادت السفوح الجبلية لجبال الألب من هذه الظاهرة المناخية، وبالتالي أصبح إقليم الرفييرا يمثل أهم المشاتي في أوروبا. حيث يتمتع بالدفء بالإضافة إلى أن تلك الجبال تحول دون وصول الرياح القطبية الشديدة البرودة، لتلك المناطق الدفيئة نسبياً. وقد نجم عن تلك الظاهرة أن خط الثلج الدائم على المناطق الجبلية ليس مستقيماً، وإنما يميل على السفوح لمواجهتها لأشعة الشمس.

وقد اتضح أن التناطق الرأسي Vertical Zonation على الجبال يتفاوت من منطقة لأخرى حسب دوائر العرض المختلفة. ففي نصف الكرة الشمالي وجد أن خط الثلج الدائم يتمثل على الارتفاعات الآتية حسب دائرة العرض:

أ. ففي المنطقة الاستوائية ما بين خط الاستواء إلى عشر درجات شمالاً، يكون خط الثلج الدائم على ارتفاع 18 ألف قدم.

ب. أما في المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض 30 إلى 40 شمالاً، فيكون على ارتفاع خط الثلج الدائم على ارتفاع 14 ألف قدم.



ج. أما في المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض 50 إلى 60 شمالاً، فيكون خط الثلج الدائم على ارتفاع نحو 7000 قدم.

د. أما في المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض 60 إلى 70 شمالاً، فيكون ارتفاع نحو 2700 قدم.

هـ. وأما في المنطقة الواقعة بين دائرتي عرض 70 إلى 80 شمالاً، فيكون على ارتفاع نحو 1400 قدم.

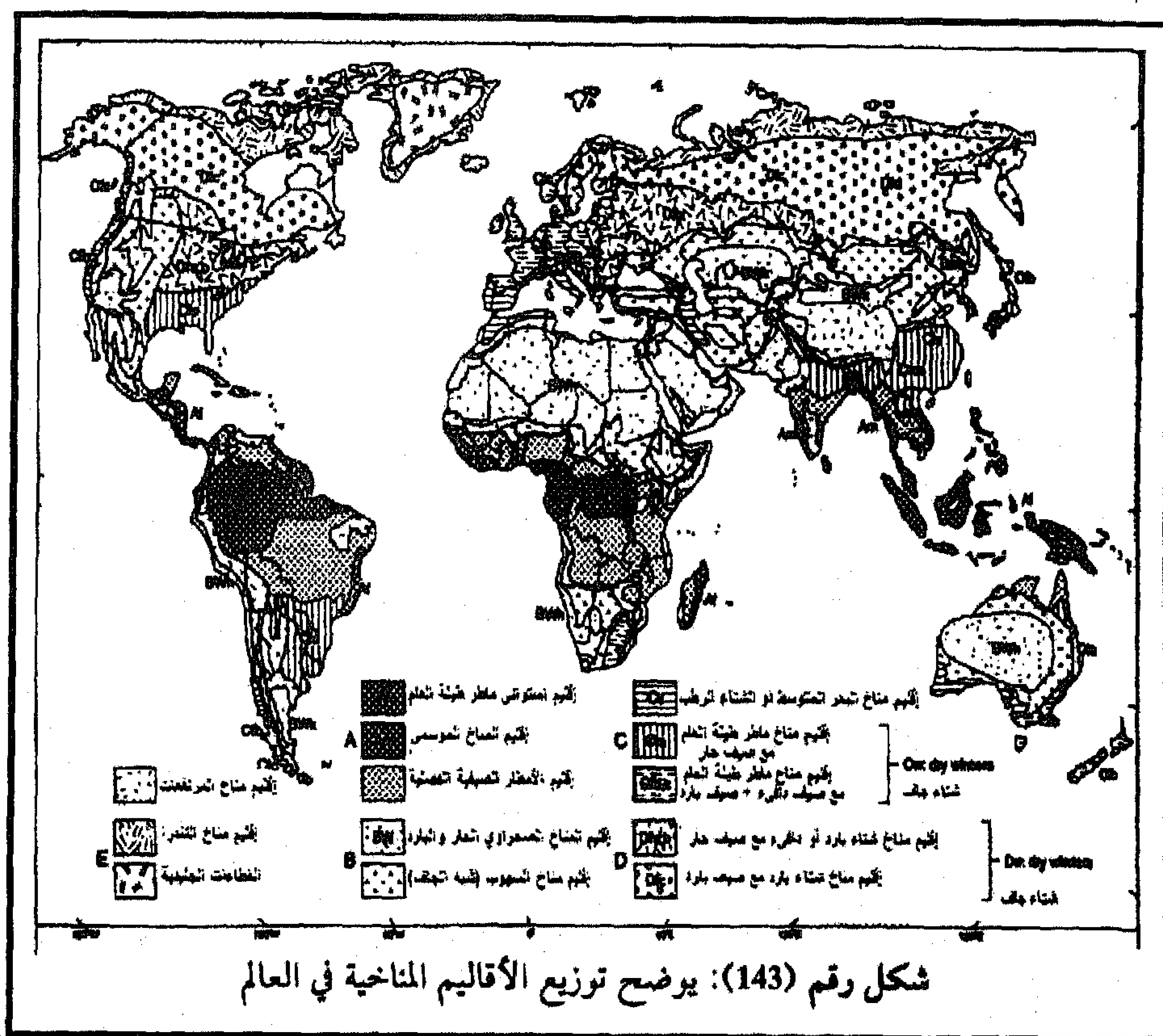
و. وأما في المنطقة الواقعة بين 80 إلى 90 شمالاً، فيتدرج حتى يصبح صفر. أي على ارتفاع مستوى سطح البحر في المناطق القطبية.

ونتيجةً للاختلافات المتتالية لعناصر المناخ كالحرارة والضغط الجوي والتساقط بجانب التربة على سطح الكرة الأرضية؛ أدت لمثل هذه النطاقات المناخية المتتالية خاصة في المناطق المدارية على خط الاستواء حتى القطب، حيث غابات استوائية بين صفر-10 درجات شمالاً، ومن 10°- 20° تسود حشائش السفانا المدارية، ومن دائرة عرض 20° - 30 ° تسود الصحاري الحارة، ومن دائرة 30°-45° شمالاً غابات دائمة الخضرة مع استبس. ومن دائرة 45-55 شمالاً غابات نفضية، ومن 55°-65° شمالاً تسود أشجار الغابات المخروطية،ومن دائرة 65°-75° تسود طحالب التندرا، وأخيراً من 75° إلى 90° شمالاً تتكون طبقات الجليد والثلوج الدائمة (صحراء قطبية متجمدة).

ولكن لو ربطنا بين الارتفاعات وأنواع المناخ فوق الجبال الواقعة في المناطق المدارية، فإننا نجد في جبال الهملايا تعاقب النطاقات المناخية والنباتية من أسفل إلى أعلى.

حيث يتمثل في النطاق الأول في السفوح المنخفضة، المناخ المداري على ارتفاع نحو 5500 قدم فوق سطح البحر[1].

أما النطاق المناخي المعتدل الدفيء فيسود بين 5500 إلى عشرة آلاف قدم. وأما النطاق الثالث فيسود فيه المناخ البارد. وأما في النطاق الرابع فيسود فيه التندرا وخط الثلج الدائم. ويوضح الشكل التالي توزيع الأقاليم المناخية في العالم:

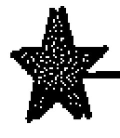


شكل رقم (143): يوضح توزيع الأقاليم المناخية في العالم

(1) Ibid.

الفصل السابع عشر

الأقاليم النباتية في العالم



الفصل السابع عشر

الأقاليم النباتية في العالم

إقليم الغابات الاستوائية.

إقليم الغابات المدارية الشوكية.

إقليم الغابات الموسمية.

إقليم غابات البحر المتوسط.

إقليم الغابات المختلطة.

إقليم الغابات الصنوبرية.

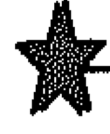
الإقليم النباتي لأعشاب السفانا واللاتوس المدارية.

الإقليم النباتي لحشائش البراري والبامباس والاستبس.

إقليم نبات الصحاري الحارة والباردة.

إقليم التندرا.

الغطاء النباتي فوق الجبال.



الفصل السابع عشر

الأقاليم النباتية في العالم

ويتناول هذا الفصل الأقاليم النباتية بالدراسة والتحليل في قارات العالم المختلفة كما يلي:

- إقليم الغابات الاستوائية
- إقليم الغابات المدارية الشوكية
- إقليم الغابات الموسمية
- إقليم غابات البحر المتوسط
- إقليم الغابات المختلطة
- إقليم الغابات الصنوبرية
- الإقليم النباتي لأعشاب السفانا واللاتوس المدارية
- الإقليم النباتي لحشائش البراري والبامباس والاستبس
- إقليم نبات الصحاري الحارة والباردة
- إقليم التندرا
- الغطاء النباتي فوق الجبال

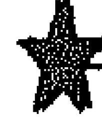
إقليم الغابات الاستوائية

ويقع هذا الإقليم- بوجه عام- فيما بين دائرتي عرض 5 درجات شمالاً وجنوباً تقريباً، وهي تمثل قمة النمو النباتي في السهول والمنخفضات الاستوائية والسفوح المواجهة للرياح المحملة بالسحب المطيرة. ويتمثل هذا الإقليم أصدق تمثيل في حوض نهر الأمازون بأمريكا الجنوبية والساحل الشمالي الغربي لها.

كما يتمثل في حوض نهر الكنغو وساحل غانة، والساحل الشرقي للقارة الإفريقية من الدائرة الاستوائية حتى دائرة عرض 10 جنوباً. وتوجد هذه الغابات أيضاً في جزر الهند الشرقية. وتتصف هذه الغابات بثلاث سمات هي:

1. تتنوع الأشجار فيها تنوعاً كبيراً، حيث يصل لنحو 70 نوعاً في الهكتار الواحد من الأراضي الغابية (Richard, 1952). كما يقل عدد أنواع الأشجار التي تنمو في الفدان الواحد عن 15 نوعاً، وقد تصل لنحو 40 نوعاً.
2. تنمو أشجار الغابة الاستوائية من الناحية الرأسية على شكل مستويات متفاوتة. فكل نوع من الأشجار ينمو إلى مستوى معين، ويليه نوع آخر، يصل لمستوى مغاير للمستوى الأول وهكذا.
3. عند تسابق النباتات نحو الوصول إلى الضوء، تنمو أنواعاً متباينة منها.
4. كما يتصف هذا الإقليم بعدم وجود فصل جفاف يسود فيه كبقية الأقاليم النباتية الأخرى.

أما فيما يتعلق بدرجة الحرارة في هذا الإقليم، فهي لا تقل عن 18° في كل أشهر السنة. بل إن معدلها في كل شهر يتراوح ما بين 26.5° إلى 27° مئوية. أي تبقى على وتيرة واحدة. فالحرارة الشديدة والمصحوبة بنسبة عالية من الرطوبة (أكثر من 82٪)، بالإضافة إلى الظلام الشديد داخل الغابة، مع كثرة الحشرات القاتلة والأمراض الفتاكة، والحيوانات المفترسة، كلها مجتمعة تجعل من الصعوبة بمكان، بل الاستحالة العيش في جميع أنحاء هذه الغابة الطاردة للبشر. أما فيما يتعلق بالتساقط في هذا الإقليم، فتتراوح كمية التساقط بين 200-400 سنتمتر وأحياناً أكثر من ذلك. فالمطر غزير في كميته ويسقط طيلة العام، موزعاً على كل



أشهر السنة جميعها، وإن كان له قمتان، إحداهما عقب تعامد الشمس على خط الاستواء في شهر آذار، وثانيهما عقب تعامد الشمس على نفس الخط في شهر أيلول.

ونتيجة لتباين التضاريس من حيث تعامدها مع الرياح المطيرة (الرياح التجارية والموسمية)، فنجد في بعض المدن الواقعة في هذا الإقليم، مثل مدينة دوالا (Dwala) الواقعة في الكاميرون بإفريقية على نهر الكنغو يصل معدل المطر فيها لنحو أربعة أمتار سنوياً. وكذلك الأمر في مدينة مناؤس الواقعة على مجرى نهر الأمازون بأمريكا الجنوبية؛ حيث وصلت كمية التساقط فيها لنحو 400 سنتمتر بالسنة.

ونتيجة لاستمرار ارتفاع درجة الحرارة والتزايد في كمية التساقط، وارتفاع نسبة الرطوبة النسبية، فقد أدت جميع هذه العناصر المناخية إلى نمو أشجار الغابة الاستوائية بشكل كثيف للغابة، بحيث زاد طول الشجرة عن 75 متراً. كما تتصف بأوراقها العريضة ذات المسام العديدة للتخلص من المياه الزائدة، مع تشابك أغصانها بعضها مع بعض. أضف إلى ذلك، نمو الأشجار بطريقة متقاربة للغاية، بحيث تحجب أشعة الشمس عن أرضية الغابة. وقد أدى هذا الوضع، إلى تسلق بعض النباتات على الأشجار العالية الضخمة كالحبال المشدودة، وذلك للوصول إلى الضوء من تحت هذه الغابة التي تشبه المظلة. فتساقط الأوراق والأغصان على الأرض بطريقة متعفنة، نتيجة الرطوبة، الأمر الذي جعل من الصعوبة بمكان على الإنسان العيش في مثل هذه البيئة الحارة والرطبة والطاردة لبني البشر، بسبب عدم وصول أشعة الشمس لأرضية الغابات، فتبدو وكأن السكون قد خيم عليها بجانب الظلمة المخيفة.

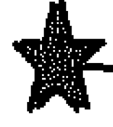
هذا بالإضافة إلى تشبع هواء الغابة بميكروبات الحميات كالملاريا التي تهدد بل تفتك بحياة البشر. ومن أهم أنواع الأشجار فيها، أشجار الموهوجوني

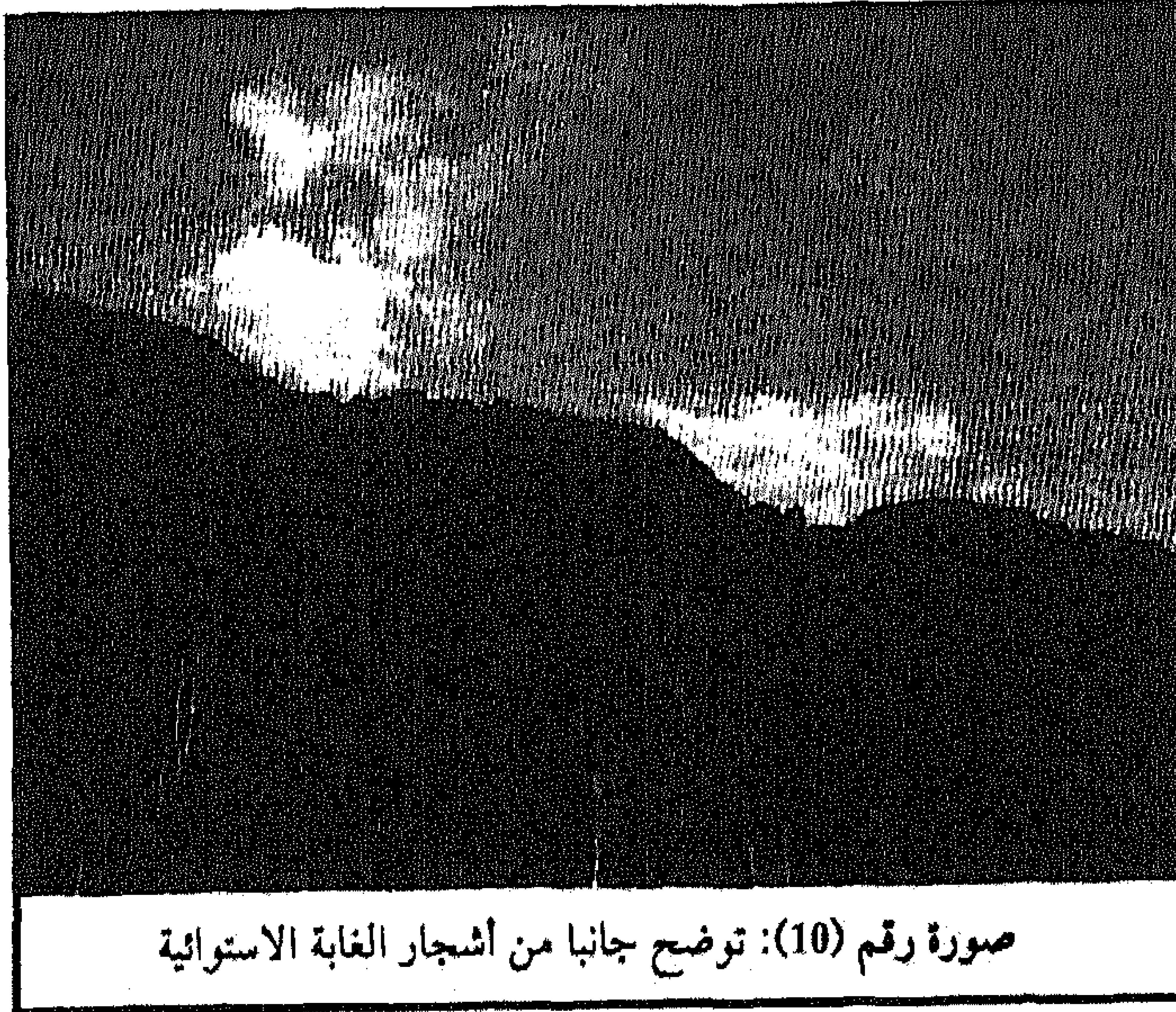
(الكابلي) Mahogany والأبنوس Ebeny والصندل Sundel وهي من الأنواع الصلبة ذات الأخاب الثمينة.

ويطلق على الغابات الاستوائية في حوض الأمازون اسم غابات السلفاس Selvas. أما غابات نهر الكنغو فهو أقل مساحة وكثافة من غابة السلفاس. أما الغابة الاستوائية في جزر الهند الشرقية الملايو، فقد اجتثت معظمها لتحل محلها زراعة المحاصيل النقدية كأشجار الهيفيا المنتجة المادة اللازمه لصناعة المطاط.

أما فيما يتعلق بتربة هذا الإقليم، فهي من نوع التربة الطوبية الحمراء، والتي يطلق عليها تربة اللاترايت Laterite والتي تتشكل تحت أشجار الغابة الاستوائية الغزيرة المطر. كما تتعرض لعملية الغسل باستمرار، مع ذوبان أكاسيد الحديد والألومنيوم التي تعطيها بوجه عام – بأنها غير مسامية أو محببة، كما أن قدرتها على الاحتفاظ بالماء ضعيفة.

ولكن يمكن حرثها بعد سقوط المطر مباشِرة. ولما كانت قد فقدت أملاحها المعدنية، لذلك تتسم بأنها فقيرة في المواد الغذائية اللازمة لحياة النبات، سواءً كانت موارد عضوية أو معدنية، مما يجعلها لا توفر الغذاء الكافي للمحاصيل المزروعة فيها، إلا بإضافة الأسمدة إليها بصفة مستمرة، نتيجة تساقط الأمطار عليها طيلة السنة. وهنا يتم اتحاد المواد المذابة بعد التبخر مع هيدروكسيد الألومنيوم والحديد، حيث تتركز في الطبقة العلوية منها؛ مكونة بذلك طبقة صلبة عند السطح، أو بالقرب منه. وفي بعض الأحيان تشكل مكونات الحديد عقداً متحجرة في التربة، مما يجعلها في الأغلب- تربة مُجدِبة وغير منتجة. وتتوزع هذه التربة في بعض أجزاء البرازيل وجزر الهند الغربية وإفريقية المدارية، ولكنها تتمثل أصدق تمثيل في مدينة مدراس (Medras) جنوب شرق شبه القارة الهندية على درجة عرض 12 شمالاً.




صورة رقم (10): توضح جانبا من أشجار الغابة الاستوائية

أما فيما يتعلق بالحياة الحيوانية في هذا الإقليم، فتتمثل في الزواحف الضخمة (كأفعى الأناكوندا Anaconda والتماسيح والغوريللا (Gaorilla) والشمبانزي في القارة الإفريقية وإنسان الغاب (Orang gutang) أورانج غوتانج والجيبون (Gibon) في قارة آسيا. أما في حوض الأمازون فتوجد النسانيس والقرود بكافة أنواعها، ومنها السعدان العنكبوتي (Spider Monkey) والقرد النابح (Hawler Monkey) وقرد القشة (Marmosets) وقرد كبوشي (Capuchins) وقرد أوكارس (Oukaris) والسعدان السنجابي (Squirrel Monkey) بالإضافة إلى خنازير الماء (Capy Bara) والباكة (Paca) والإغواطي (Agouti).

أما الحيوانات المفترسة فغير موجودة داخل هذا الإقليم؛ ولكنها توجد على أطرافه فقط. ومن أهمها النمر المرقط (Leopard) الموجود في إفريقية وآسيا. أما في أمريكا الجنوبية فتوجد نمر اليغور (Jaguar) وحيوان الأسلوث

(Ocelot) الذي يشبه النمر، والمارج وهو هر نمري (Margy Cat) واليغورندي (Jagyardundis) والكلاب ذو الأذن الصغيرة (Small Dog Eared) وكلاب الآجام (Targon).

ومن بين الحيوانات الآكلة للنباتات واللحوم في حوض الأمازون، حيوان القوطي (Coati)، بالإضافة إلى الطيور الجميلة الممثلة في طائر الطوقان (Toucans) والتنام (Tinamous) وآكل النمل (Anti bird) والطير المنتفخ (Puff bird) وطيور الببغاوات الجميلة وطائر الطرغون (Targon).

وتتمثل أهمية هذا الإقليم الاقتصادية؛ في أنه يشكل مخزناً طبيعياً للمواد الأولية الهامة والتي يقوم عليها العديد من الصناعات. ولذلك تسابقت الدول الاستعمارية في السيطرة عليه في كل من آسيا وإفريقية وأمريكا الجنوبية. فقد أجتث من أشجاره الاستوائية مساحات كبيرة واستغلت في زراعة المحاصيل النقدية. كأشجار المطاط والكاكاو والمانجو والشاي والبن وجوز الهند والموز والأناناس وغيرها. ولما استقل العديد من دول هذا الإقليم، سارعت الدول الاستعمارية إلى عقد معاهدات معها لضمان الحصول على تلك المحاصيل النقدية من جانب، واستغلال المعادن النفيسة والثمينة مثل اكتشاف اليورانيوم في إقليم كانتغا (Katenga) في جمهورية الكنغو الديمقراطية، والقصدير في ماليزيا وغيرها.

إقليم الغابات المدارية الشوكية

حينما نبتعد عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً، تقل كمية الأمطار نسبياً ويظهر فصل جفاف عما هو سائد في إقليم الغابات الاستوائية، الأمر الذي أدى لأن تتكيف الأشجار في هذا الإقليم ببعض الخصائص والسمات، التي تمكنها من

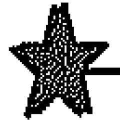
التغلب على قلة التساقط من جهة، وطول فصل الجفاف من جهة أخرى. ولذلك حينما تسقط الأمطار تنمو ويزداد اخضرارها في فصل المطر، أما حينما يسود فصل الجفاف، فإما أن تنفض أوراقها أو أن تتحور أوراقها إلى أشواك حتى تقلل من نسبة التبخر والنتح لأدنى حد ممكن.

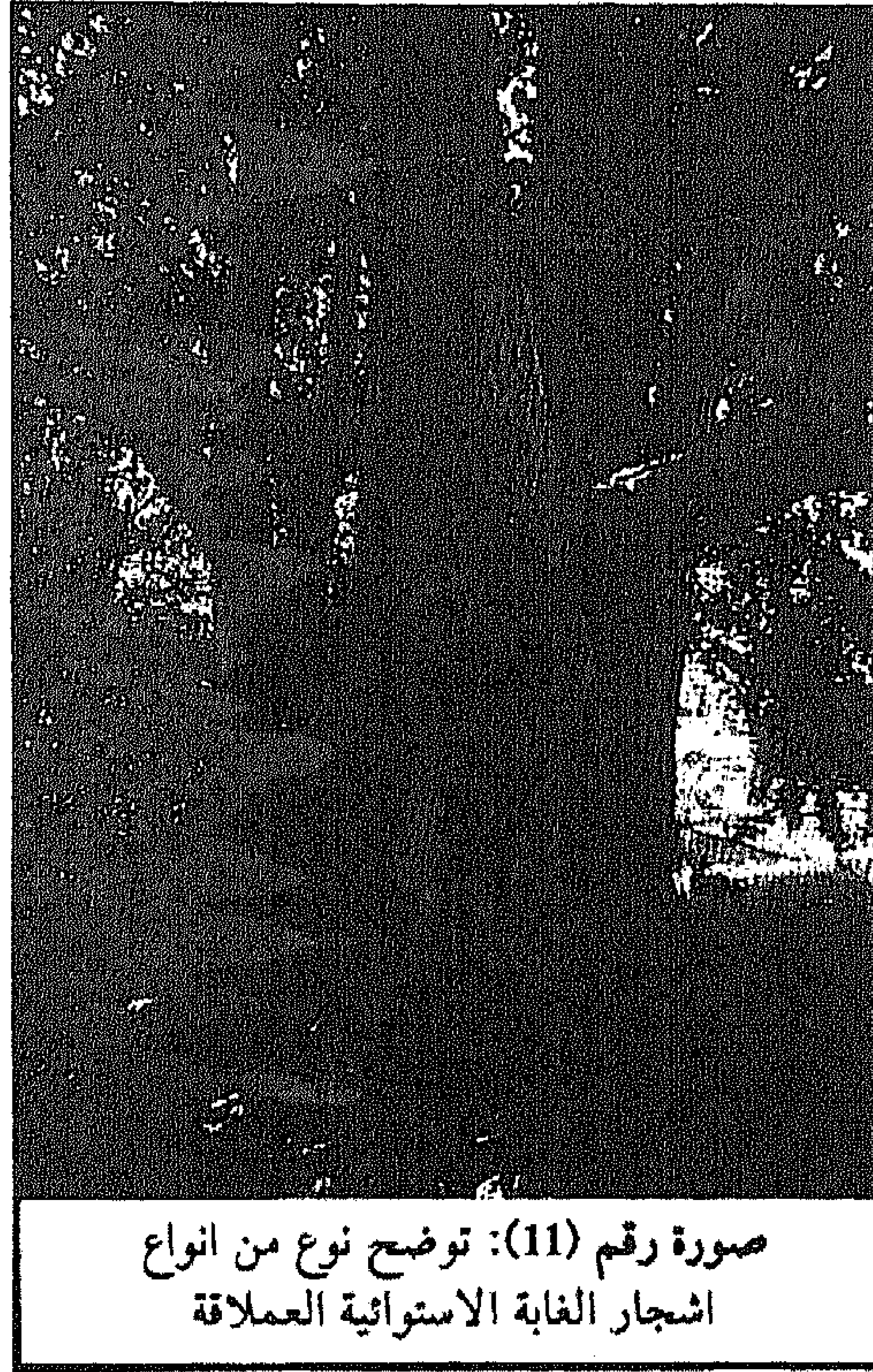
وعليه، فنجد أشجار الغابات في هذا الإقليم، تختلف كلياً عن أشجار الإقليم السابق؛ ذات المنظر الأخضر طيلة العام، وبشكل يشبه المظلة التي تحجب الأشعة الشمسية عن الوصول لأرضية الغابة المعتمة والمتعفنة.

ومن أهم الأشجار المميزة لهذا الإقليم شجر السنط وشجر البايو الذي يستخدم لخزن المياه في الجذوع، للاستفادة منها في فترة الجفاف.

وأما فيما يتعلق بأماكن تواجده، فيمتد في إفريقية على شكل نطاق كبيرة محاذياً لأشجار الغابات الاستوائية في معظم الحالات، ولكن أشجاره تكون مختلطة بالأعشاب البستانية التي تتخللها الأشجار. كما يوجد في قارة آسيا في الجهات الداخلية القليلة المطر، مثل سفوح الجبال الواقعة في ظل المطر، بينما السفوح المواجهة للرياح الموسمية المطيرة تسود فيها أشجار الغابات الموسمية.

كما تنتشر أشجار هذا الإقليم بالقارة الاسترالية، على طول ساحلها الشمالي حينما تقل كمية الأمطار عن (400) مليمتر في المتوسط.




صورة رقم (11): توضح نوع من انواع اشجار الغابة الاستوائية العملاقة

أما في قارة أمريكا الجنوبية فيظهر في شرق البرازيل وجنوبها الغربي، وكذلك على طول سواحلها الشمالية. أما أهم حيوانات هذا الإقليم فتتمثل في الفيلة والزرافات وأفراس النهر ووحيد القرن.

إقليم الغابات الموسمية

تحف أشجار هذا الإقليم مباشرة بأشجار الغابات المدارية والاستوائية، وتنحصر بين دائرتي العرض 10° إلى 25° شمالاً وجنوباً. وتتمثل هذه الغابات في قارة آسيا في جنوب الصين والهند الصينية وفي هضبة الدكن وتلال أسام (Assam). أما في القارة الأسترالية فتشاهد في شمالها وشرقها. كما تنمو أشجار هذا الإقليم فيما بين دائرتي عرض 6° إلى 12° شمالاً وجنوباً بالقارة الإفريقية.

وفي قارة أمريكا الجنوبية توجد أشجاره في جزر الهند الغربية وفي أمريكا الوسطى، وتحاذي أشجار الغابات الموسمية في حوض نهر الأمازون مباشرة. حيث يتوفر في هذا الإقليم، فصل جفاف يتراوح طوله ما بين شهرين إلى أربعة أشهر، أما فصل الشتاء فهو قصير نسبياً ولكنه جاف.

أما فيما يتعلق بدرجة الحرارة، فنجد أن معدل الحرارة في محطة مدينة شيرابونجي (Cherapungy)، قد بلغ في أبرد الشهور كانون ثاني 12 درجة مئوية، وفي أحر الشهور في آب 21 مئوية ووصل المدى لنحو 9 درجات مئوية. كما يتضح ذلك من الجدول التالي:

شيرابونجي تقع على ارتفاع 1314 متراً فوق سطح البحر. وعند تقاطع درجة العرض 25 شمالاً وخط طول 92 شرقاً.

جدول رقم (**11**): يوضح مجموع كمية التساقط السنوي ودرجات الحرارة في محطة مدينة شيرابونجي الهندية

الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
درجة الحرارة	12	13	16	18	19	20	21	21	21	19	16	13
المطر بالملمتر	20	60	270	800	1270	2690	2990	2040	1240	430	90	10
المجموع = 11480 ملمتراً												

أما مدينة كلكتا الواقعة في الهند على درجة عرض 23 ° شمالاً وخط طول 89° شرقاً؛ فقد بلغت كمية التساقط أعلاها في شهري حزيران وتموز بنحو 875 و875 مليمتراً على التوالي. بينما بلغت في أشهر كانون الأول وكانون الثاني وشباط ونيسان 25، صفر، صفر، 25 مليمتراً على الترتيب. وهذا يعكس خاصية فصل الجفاف في الإقليم الموسمي كما يتضح من الجدول التالي:

جدول رقم (12): يوضح مجموع كمية التساقط السنوي ودرجات الحرارة السنوية في محطة مدينة كليكتا الهندية

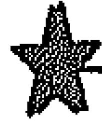
الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
درجة الحرارة	26	27	28	29	28	26	25	25	26	26	26	26
المطر بالملمتر	صفر	صفر	25	75	250	875	875	375	175	25	125	25
المجموع - 2825 ملمتراً												

ويلاحظ أن معدل درجة الحرارة في أبرد الشهور كانون ثاني، قد بلغت 26° مئوية وفي أحَر الأشهر نيسان 29° مئوية والمدى تقريباً بلغ نحو 3 درجات فقط.

وتتفاوت كمية التساقط من منطقة لأخرى، حسب الموقع والتضاريس وتعامد الرياح عليها. فبينما نجد كمية التساقط في محطة مدينة شيرابونجي قد بلغ 11480 مليمتراً سنوياً نجده في محطة مدينة كلكتا قد بلغ 2825 مليمتراً فقط، ويعزى ذلك إلى تعامد الرياح المطيرة على المحطة الأولى في تلال أسام شمال بنغلادش، وتوازيها بالنسبة للمحطة الثانية. ولكن كمية التساقط لا تصل في كل الإقليم إلى هذا المقدار، بل إنها تتراوح في الإقليم ما بين 150-300 سنتمتر سنوياً بوجه عام. وكذلك درجة الحرارة تتراوح في الإقليم ما بين 30° مئوية في كانون الثاني إلى نحو 36° مئوية في أحر الشهور وهو شهر أيار.

وبذلك يرتفع المدى في محطات أخرى بنحو 6 درجات كلما ابتعدنا عن خط الاستواء شمالاً أو جنوباً وقل تأثير الرياح الموسمية المطيرة بفعل التضاريس أو التيارات البحرية الباردة.

ونتيجة لارتفاع درجة الحرارة التي لا تقل عن 20 مئوية، وكمية التساقط العالية نسبياً، ومع ظهور فصل الجفاف في هذا الإقليم؛ فقد اتسمت أشجاره بأنها ليست عالية مثل الأشجار الاستوائية المدارية الشوكية، وليست متلاصقة



كالإقليم الاستوائي، بل هي أقل كثافة منه. ومن أهم أشجار هذا الإقليم شجر الساج (Teak) والصندل والغاب الهندي الضخم والخيرزان (Bambo) والتين البنغالي والكستناء (Chestnus) والبتولا (Birch) والبلوط (Oak) وشجر الدردار (Elms). وتتصف هذه الأشجار بأنها ذات جذور متفرعة وأغصان ممتدة لمسافات بعيدة نسبياً، بحيث تبدو الشجرة الواحدة، وكأنها أجمة في حد ذاتها، وقد يصل ارتفاعها لنحو 35 متراً. وتظلل فروعها أرضاً تغطي مساحتها بنحو 320 متراً مربعاً تقريباً. خاصة تلك الأشجار النامية حول مجاري الأنهار. كما تنمو أشجار البن البرية على سفوح المرتفعات الجبلية أو الهضاب، بجانب أشجار الساج والخيزران. ويستغل خشب أشجار الساج الضخمة في صناعة السفن والأثاث الثمين، حيث تدرب الفيلة في كل من ميانمار (بورما) وتايلاند على حمل سيقان هذه الأشجار وإلقائها في مجاري الأنهار الكائنة فيهما.



صورة رقم (12): توضح جانباً من أشجار الساج الموسمية

هذا بالإضافة إلى أشجار الفلفل التي تحمل عدداً من العناقيد التي تشبه عناقيد العنب، وتعرض لحرارة الشمس لمدة أسبوع حتى تتحول من اللون الأخضر إلى اللون الأسود.

وما دام يسود في هذا الإقليم فصل جاف، فأشجاره تمتاز بشدة مقاومتها للجفاف، حيث تتغطى سيقانها بالقشور السميكة وبأوراقها الصغيرة الشمعية، والتي يسقط بعضها في هذا الفصل الجاف (فصل الشتاء).

أما فيما يتعلق بالحيوانات البرية في هذا الإقليم، فتتمثل في الفيلة والغزال الأحمر (Red deer) وفأر الحقول (Vole) والسنجاب (Squirrel) والثور الأمريكي البيسون (Bison) والخنزير الوحشي (Wild Boar) والتماسيح والذئاب والضباع والكلاب المتوحشة والنمور والثعالب.

أما فيما يتعلق بالتربة في هذا الإقليم، فهي من نوع التربة المدارية الحمراء (Red Tropical Soil)، وتدعى بتربة اللاتوزول (Latosolls). وتعكس خصائصها الظروف البيئية التي نشأت فيها. حيث تتوفر درجة الحرارة العالية، مع توافر الرطوبة في الفصل الماطر، بجانب تجوية قوية (غسل للتربة) وتصفية شديدة لعناصرها الغذائية المعدنية، الأمر الذي أدى لجعل نسيجها مغسولاً من المواد العضوية والمعدنية، نتيجة الأمطار الغزيرة، بجانب الحرارة العالية التي تساهم لحد كبير، في التحلل البكتيري للمواد العضوية. وقد أدى هذا الوضع المناخي لعدم تشكل مادة الدبال (Humus) في نسيج التربة. ولذلك كان من المحتم إضافة الأسمدة الكيماوية والعضوية إليها بصفة مستمرة. أما لونها الأحمر فيعزى لإذابة أكاسيد، الحديد والألومنيوم وترسبها في سطح التربة بفعل الأمطار الغزيرة في الفصل المطير.

أما فيما يتعلق بالنشاط الزراعي فيه، فقد استطاع الإنسان أجتاث الجزء الأعظم من أشجاره الموسمية، كشجر الساج الوردي الأحمر والصندل،

والخيزران والكافور والصنوبر الأحمر؛ في بلدان الصين والهند وبنغلادش، والهند الصينية وجزر الهند الغربية وبعض جهات البرازيل وفي سواحل أستراليا الشرقية والشمالية الشرقية، وهضبة الحبشة واليمن والصومال وبعض جهات السودان، وزرعها بالمحاصيل النقدية مثل: المطاط والبن والبهارات والشاي وقصب السكر والكاكاو والموز والأناناس والقطن، والذرة والأرز والقمح. بجانب إنتاجهم الأخشاب من أشجاره المذكورة لصناعة مشتقات الغابة من الأثاث والورق ولب الورق والسفن. كما يمثل هذا الإقليم بأمطاره الموسمية على سفوح الهملايا وهضبة الدكن وسفوح لانديز وأمريكا الوسطى؛ مصدراً دائماً لتغذية الأنهار النابعة من أراضيه، مثل نهر النيل الأزرق ونهر الغانج ونهر الأمازون ونهر إيراوادي في ميانمار ونهر اليانغستي بالصين ونهري جوبا وشبيلي بالصومال.

ولكن غالباً ما تتعرض أراضي هذا الإقليم للانحباس، مما يؤدي لوقوع كوارث جسيمه في المنتجات الزراعية؛ أو أحياناً ما تغزر الأمطار إلى الحد التي تؤدي لفيضانات مدمرة للتربة والقرى والمدن. ولهذا يحترس سكان هذا الإقليم دائماً؛ على التوسع في بناء الخزانات المائية لتفادي كوارثه وتأمين مياه الري عند انحباسها في بعض السنوات. ويعتبر الإقليم الموسمي في قارة آسيا المثل النموذجي لهذا الإقليم المكتظ بالسكان، والذي يضم نحو 3390 مليون نسمة عام 2005 أو بما نسبته 57٪ من إجمالي سكان القرية العالمية.

إقليم غابات البحر المتوسط

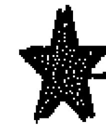
يقع هذا الإقليم بين دائرتي عرض 30° إلى 45° شمالاً وجنوباً على السواحل الغربية للقارات. ويتمثل في شواطئ البحر المتوسط بين القارات الثلاث أوروبا وآسيا وإفريقية، كما يتمثل في المناطق الشبيهة بهذا المناخ مثل منطقة الكاب (الرأس) في اتحاد جنوب إفريقية، وذلك في الركن الجنوبي الغربي

منهـا. كمـا يظهـر في جنـوب غـرب القـارة الاسـترالية حـول خلـيج سبنسـر (Spencer) وتمثله مدينة أديليد (Adelaide) في تلك القارة، والواقعة عند تقاطع درجة عرض 35° جنوباً وخط طول 134° شرقاً. كما يشـبه إقلـيم كاليفورنيـا في غـرب الولايـات المتحـدة وأواسـط جمهوريـة التشـيلي قـرب مدينـة سـانتياغو (Santiago) والواقع بين دائرتي عرض 30° إلى 45° شمالاً وجنوباً على التوالي في القارتين معاً.

ويتصف هذا الإقليم بشتاء قصير ماطر معتدل وبصيف طويل حار جاف، حيث تتراوح كمية المطر فيه ما بين 500 إلى 1500 مليمتر في المتوسط بوجه عام. ويقع بين حواف الصحراء الجافة (المنطقة الانتقالية باتجاه خط الاستواء) جنوبـاً؛ وبين إقليم غرب أوروبا المطير طيلة العام شمالاً باتجاه القطب. وتسـقط أمطـاره في نصف السنة الشتوي، حينما تتزحزح مناطق الضغط الجوي، وتتـوزع الريـاح جنوباً بالنسبة لنصف الكرة الشمالي أو شمالاً بالنسبة لنصـف الكـرة الجنـوبي، تبعاً لحركة الشمس الظاهرية، الأمر الذي يؤدي لوصول الرياح العكسية، لتلـك العروض الانتقاليـة، فيصـيبها مطرهـا نتيجـة أعاصـيرها ومنخفضـاتها الشـتوية (Deoressions).

ويسود فيه فصل جفاف طال أم قصير، حيث يشمل نصف السنة الصيفي، حينما يقتصر هبوب الرياح الغربية علـى سـواحل غـرب القـارات بـين دائرتـي عرض 40–60° شمالاً وجنوباً.

ويتفاوت طول فصلي المطر والجفاف باختلاف موقع المكان داخل الإقليم. فكلما انتقلنا جنوب خط الاستواء من دائرة عرض 30°، كلما قصر فصل المطـر وطال فصل الجفاف. وكذلك كلما ابتعدنا عن ساحل البحر المتوسط في الغـرب إلى سواحله في الجنوب والشرق، كلما أدى ذلك لقصر فصل المطـر أيضـاً. فيمـا



عدا اعتراض السلاسل الجبلية على خط الساحل، مما يؤدي لتساقط الأمطار بغزارة كأمطار تضاريسية. ويظهر ذلك حينما نقارن بين المحطات المناخية المختلفة في سواحل البحر المتوسط. حيث نجد تفاوت تساقط المطر من محطة لأخرى. فهو في غرب البحر المتوسط أكبر من شرقه. إذ بينما يصل التساقط في مدينة جنوة الإيطالية لنحو 2000 مليمتر، نجده يصل في مدينة حيفا الفلسطينية لنحو 800 مليمتر وفي مدينة غزة لنحو 200 مليمتر، وكلما اقتربنا من حواف الصحراء الكبرى في شمال إفريقية، كلما انخفضت كمية المطر، فبينما تصل في طرابلس الغرب لنحو 320 مليمتراً في المتوسط، نجدها تنخفض لنحو 150 مليمتراً فما دون في بلدان الهبلية وبدر وتيجي في جنوب غرب سهل الجفارة والواقعة عند خط عرض 33 ° شمالاً، وخط طول 12° شرقاً[1]. وكلما توغلنا إلى شرق ساحل البحر المتوسط في قلب بادية الشام، كلما تناقصت كمية المطر في نفس الاتجاه. إذ بينما معدل التساقط في يافا لنحو 800 مليمتر في المتوسط، نجده يهبط في محطة أزرق الدروز في قلب البادية الأردنية لنحو 70 مليمتراً، عند تقاطع درجة عرض 31 شمالاً وخط طول 49´ 36° شرقاً وعلى ارتفاع 520 متراً فوق سطح البحر.

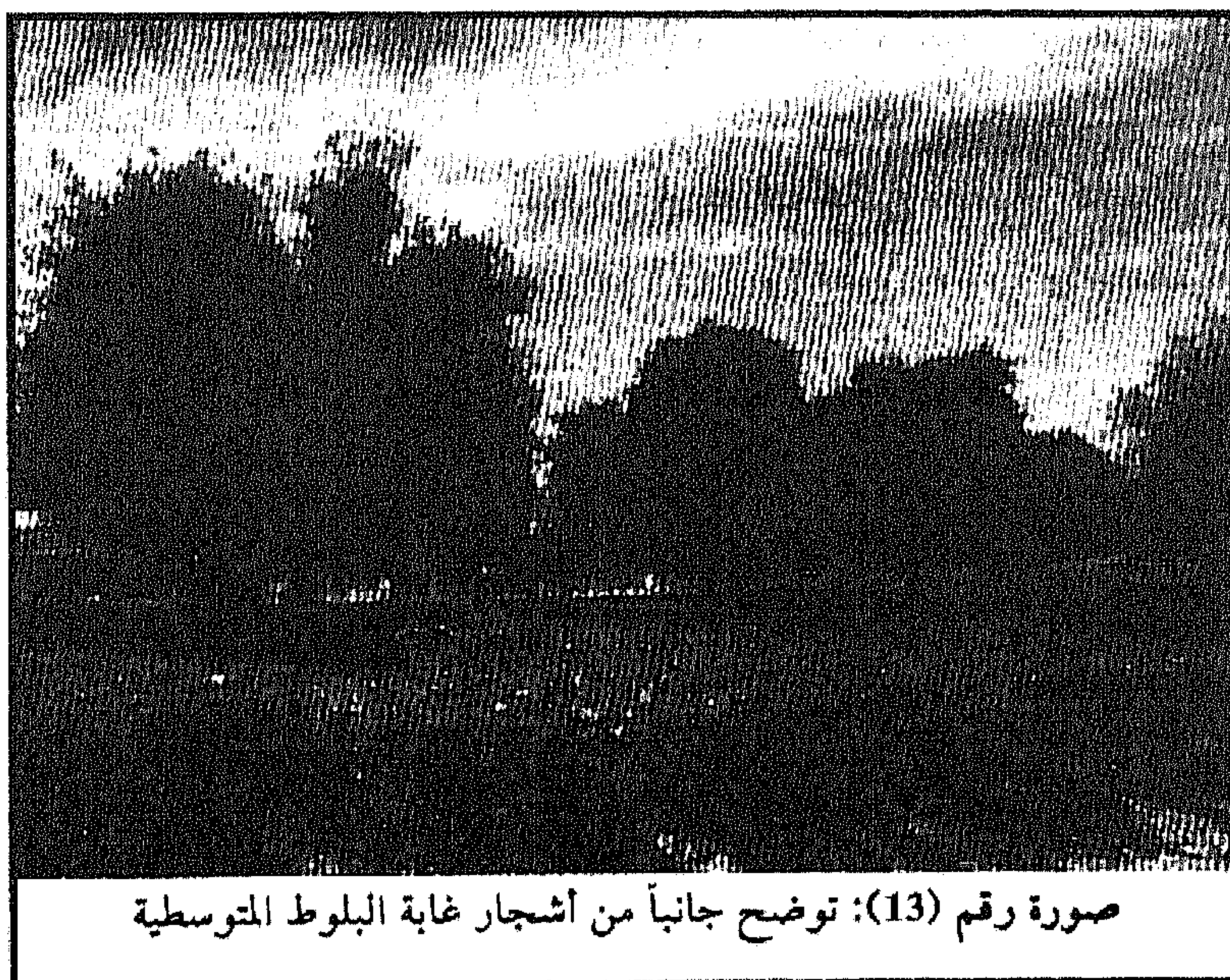
أما فيما يتعلق بدرجات الحرارة، فنجد أن معدل الحرارة في شهر كانون الثاني، قد بلغ 11.6 مئوية وفي أحر الشهور شهر آب 25.5 مئوية والمدى بلغ نحو 13.9 مئوية في محطة مدينة الجزائر حيث تقع محطة الجزائر عند تقاطع درجة عرض 37° شمالاً وخط طول 3 درجات شرقاً كما يتضح من الجدول التالي:

(1) د. علي حميدان، جغرافية ليبيا الإقليمية، جامعة السابع مع أبريل، 1995.

جدول رقم (13): يوضح مجموع كميات التساقط ودرجات الحرارة السنوية في محطة مدينة الجزائر

الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	المدى
درجة الحرارة	11.6	12.7	14.4	16.1	18.8	21.6	25	25.8	23.8	20	16.6	13.8	13.9 درجة مئوية
المطر بالملم	100	100	100	50	25	صفر	صفر	25	75	125	125	125	850 ملم المجموع السنوي

ونتيجة لذلك تنمو في هذا الإقليم أشجار الفلين والصنوبر الحلبي والكستناء والبلوط والسدر والعرعر والبطم، والحور والخروب والكينياء وغيرها. ولذلك تتفاوت أشجاره بين أشجار الغابات في شواطئه الأوروبية والأمريكية، وبين شواطئه في شمال إفريقية من غابات إلى آجام فأحراج، مكونة من أشجار وشجيرات، تكيفت جيداً لمقاومة الجفاف، حيث نجد معظم الأشجار فيه دائمة الخضرة، وأوراقها سميكة شمعية كأوراق شجر الزيتون والبرتقال والليمون، ومنها ما يتعمق جذوره لعدة أمتار في الأرض للحصول على المياه، كأشجار الكروم والتين والصنوبر والسرو والأرز.



صورة رقم (13): توضح جانباً من أشجار غابة البلوط المتوسطية

وحينما تسود فترة الجفاف في فصل الصيف، تجف الطبقة السطحية من التربة جفافاً تاماً. فتصبح بذلك النباتات العشبية نادرة الوجود. ويعزى ذلك لعدم توافق موسم الحرارة مع موسم المطر. ولكن هذا لا ينطبق على كل أنحاء الإقليم، بل نجد بعض البقاع في إسبانيا وإيطاليا وجبال المملكة المغربية، يكسوها عشب فقير وقليل الأهمية، لا يصلح إلا لغذاء قطعان الماعز التي ترضى بالقليل من الكلأ.

أما فيما يتعلق بالتربة في هذا الإقليم، فهي من نوع تربة التيراروزا (الوردية الحمراء والصفراء)، إذ كلما زادت كمية الأمطار غزارة، ازداد لون هذه التربة احمراراً، وكلما قلت كمية التساقط، كلما أدى ذلك لتحول لونها من أحمر قان، إلى أصفر فاتح، وينطبق هذا الوضع على تربة الجبل الأخضر في ليبيا وتربة سهل الجفارة، إذ بينما تغزر في المكان الأول تصبح التربة وردية حمراء، وحينما تقل في الثاني تتحول في أطرافه الوسطى والشمالية الغربية إلى اللون الأصفر الفاتح، حيث يهبط التساقط من 500 ملم إلى 150 مليمتراً. كما أن تربة المرتفعات الفلسطينية في الجليل ونابلس وجنين والخليل، تكون التربة الوردية فيها حمراء قانية. ولكن حينما نتجه للشرق في السفوح الشرقية وتهبط كمية التساقط من 700 ملمتر إلى 150 مليمتراً، يصبح لون التربة يميل للأصفر الفاتح بسبب ذوبان أكاسيد الحديد في المكان الأغزر مطراً، وقلة التساقط في المكان ذي التربة المتوسطيّة الصفراء.

أما فيما يتعلق بالإنتاج الزراعي في هذا الإقليم، فتعتبر الزراعة الحرفة الرئيسة فيه حيث تزرع المحاصيل الحقلية في بداية فصل الأمطار كالقمح الشتوي والشعير والبقوليات، والقمح الربيعي في نهاية كانون ثاني معتمدين في ذلك على أمطار الشتاء. بالإضافة إلى الزراعة المروية في الجهات الأقل مطراً كزراعة

الأرز والقطن والذرة والحمضيات والتوت. كما تـزرع كـل أصـناف اللوزيـات على الأمطار الشتوية كزراعة بعلية مثل السفرجل والخوخ والمشـمش والبرقـوق والدراق؛ بالإضافة إلى التين والعنب والبندق والفستق الحلـبي والزيتـون، الأمـر الذي أدى لإنشاء مجموعة من الصناعات المحلية القائمـة عليهـا، كتجفيـف الـتين والمشمس والبرقوق، وتصنيع المربيات وعصر حبوب الزيتـون لاسـتخراج زيـت الزيتون وزيت السمسم، حيث يـزرع السمسـم والـذرة البيضـاء مـع القثائيـات زراعة بعليـة. بالإضـافة إلى تقطـير الـروائح العطريـة مـن الأزهـار المحليـة مثـل الياسمين والقرنفل والورد الياجوري والخزامى وغيرها.

ونتيجة لاكتشاف الزراعة فيه منذ العصر الحجري الحديث 8700 سنة قبل الميلاد تقريباً، فقد أصبح هذا الإقليم مشتلاً للحضارات القديمة، ممثلة في حضارة أريحا القديمة وجبل الكرمـل وجرمـو Germo[1] في شمـال العـراق وبابـل وأور بوادي الرافدين ومنف وطيبة وكاهون في وادي النيل، ومنهـا إلى اليونـان ثـم إلى ايطاليا فالقارة الأوروبية فيما بعد. أما حيواناته البريـة فتتمثـل في المحميـات مثـل غزلان المهـا العربـي والـريم، والضـباع والـذئاب والثعالـب والطيـور الجارحـة كالصقور والحدأة والباشق والزواحف المختلفة وغيرها.

إقليم الغابات المختلطة

يقع هذا الإقليم بين دائرتي عـرض 40- 60 شمـالاً. ويلاحـظ أن معظـم أشجار هذا الإقليم تتماشى مع توزيع المنـاخ البحـري، حيـث تتمثـل في شمـال

(1) ويرجع العلماء إلى أن قرية جيرمو هي أقدم قرية زراعية في العالم، وتقع للشمال الشرقي من مدينة كركوك في شمال العراق، وقد قدر عدد سكانها بنحو 150 نسمة وضمت نحـو 24 منزلاً، عن نورتهام Northam من ص 23-30.

غرب أوروبا، وتشكل الغابات النفضية هنا نطاقاً متخذاً شكل المثلث، قاعدته في الغرب، ولكنه يضيق تدريجياً في الاتجاه نحو الداخل في الشرق. وتتصف أشجار هذا الإقليم في العروض الوسطى، بوجود أشجار عريضة الأوراق مختلطة مع أشجار إبرية الأوراق. وتختلط مع بعضها فوق مساحات شاسعة من تلك الأقاليم، حيث تشمل أراض شاسعة في شمال غرب أمريكا الشمالية وشمال غرب القارة الأوروبية، وفي الأجزاء الشرقية والغربية من القارة الآسيوية. ويتطابق توزيع هذه الأشجار مع المناطق التي يظهر فيها فصل شتاء محدد. ويكون هذا الفصل بارد نسبياً، على حين يكون فصل الصيف دافئاً لحد ما.

ولكن من الملاحظ أن معظم أشجار هذه الغابة، قد اجتثت وحلت محلها الزراعة؛ خاصة وأن تربة هذا النوع من الأشجار تتمثل في تربة البودزول الأقل حموضة، بسبب ارتفاع درجة الحرارة وتوافر المادة العضوية فيها، عما هو كائن بجانب هذه التربة، تربة أخرى، تدعى تربة اللويس الخصبة.

ونتيجة لاعتدال المناخ في هذا الإقليم وهبوب الرياح الغربية المطيرة والدافئة نسبياً، جعلت الاستغلال الزراعي أمر ميسوراً.

أما المنطقة الثانية التي تسود فيها مثل هذه الأشجار المختلطة، من النفضية والصنوبرية فهي منطقة شمال شرق الولايات المتحدة وجنوب شرق كندا على أطراف الإقليم الصناعي. حيث تتأثر هذه المنطقة بتأثير تيار الخليج الدفيء بالرغم من البرودة القارسة نسبياً فيه، مما أدى لنمو هذا النوع من الأشجار المختلطة في منطقة الساحل الغربي لقارة أمريكا الشمالية بالولايات المتحدة وكندا، كشريط ساحلي يصعد على سفوح الجبال الصخرية، حيث تسود عند أقدامها السفلى الأشجار العريضة الأوراق وعلى ارتفاع 1350 متراً، ثم تليها على ارتفاع 3000 متر، الأشجار الصنوبرية ذات الأوراق الإبرية، نتيجة لانخفاض درجة الحرارة، بينما في المناطق الأقل ارتفاعاً، تصبح البيئة مناسبة

لتنامي الأشجار النفضية ذات الأوراق العريضة، والتي تنفضها شتاءً مثل أشجار البلوط والدردار (Elm) والكستناء والبتولا والشربين والقيقب (Maple) والزان (Beech) والصفصاف (Willow) والاسفندان.



صورة رقم (14): توضح تراكم الثلوج فوق الشجرة البيسية السوداء

أما أهم الأشجار الصنوبرية المختلطة مع هذه الأشجار النفضية، فتتمثل في أشجار البيسية البيضاء والبيسية السوداء (White and Black Spruce) وشجر اللاريكس (Larch) وتنوب دوغلاس (Douglas Fir) والبتولا وصنوبر بانديروزا (Panderosa Pine) والتنوب الأبيض (White Fir) وغيرها. وهي ليست أشجار كثيفة ومتلاصقة كأشجار الغابة الاستوائية ولا هي أشجار عالية.

ولم يقتصر وجودها على قارة أمريكا الشمالية وأوروبا، وإنما تشمل جزر اليابان وكوريا ومنشوريا. أما في نصف الكرة الجنوبي، فلا توجد هذه الغابات

إلا بنسبة قليلة. وقد توجد في مساحات صغيرة جنوب جمهورية التشيلي وفي نيوزلندا وجزيرة تسمانيا.

ونتيجة لوقوع هذا الإقليم بين دائرتي عرض 40-60° شمالاً، فهو يتأثر في معظمه بمؤثرات التيارات البحرية الدفيئة، والممثلة في تيار المحيط الأطلسي الدفيء الشمالي (تيار خليج المكسيك) الذي تصل درجة الحرارة فيه لنحو 27° مئوية، وتيار كوروشيفو (التيار الأسود) Kurushivo شمال المحيط الهادي الدافئ أيضاً. ولذلك يتراوح معدل الحرارة فيه بين 45° إلى 55° ف في المناطق الساحلية، ولكنه يقل عن ذلك في قمم المرتفعات الجبلية بوجه عام.

أما فيما يتعلق بدرجة الحرارة فيه، فقد بلغت في مدينة فانكوفر في شهر كانون الثاني لحو 35.6° ف. وفي شهر آب لنحو 62.6° أي وصل المدى السنوي لنحو 27° ف ولكن درجة الحرارة فيه لم تهبط دون درجة التجمد.

وتمثله مدينة فانكوفر الواقعة على درجة عرض 49° شمالاً و 123° غرباً، وعلى ارتفاع 134 قدماً كما يلي:

جدول رقم (14): يوضح مجموع كميات التساقط ودرجات الحرارة في محطة مدينة قانكوفر

الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1	المدى
درجة الحرارة	35.6	37.4	42.8	46.4	53.6	59	62.6	62.6	55.4	48.2	48.2	42.8	27 ف
المطر بالملمتر	220	150	130	80	90	70	30	42	100	150	260	200	المجموع 1420 ملم

ولذلك فالدفء النسبي في هذا الإقليم الحيوي. وتوافر كمية الأمطار البالغة لحو 1420 مليمتراً قد أدى إلى كثافة الأشجار النفضية والصنوبرية المختلطة فيه. كما يلاحظ أن الغابات تتناقص باتجاه الشرق كلما ابتعدنا عن الساحل الغربي لقارة أوروبا، حيث تختلط بالحشائش ثم تختفي تماماً في السهوب، أما في أمريكا الشمالية فالانتقال من الغابات إلى سهول البراري فجائياً بسبب امتداد الجبال الصخرية بمحاذاة الساحل الأمريكي.

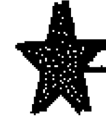
وتنحصر أهمية هذا الإقليم الاقتصادية في قطع الأخشاب، وإنتاج مشتقات الغابة من الورق والأثاث وعجبنة الورق والأصباغ، وزراعة الأعلاف كالشيلم والشوفان في تربته البودزولية، وتربى عليها الأبقار الحلوب في شمال شرق الولايات المتحدة وغرب أوروبا.

إقليم الغابات الصنوبرية

يمتد هذا الإقليم النباتي من الشرق إلى الغرب في كل من قارتي أمريكا الشمالية وأوراسيا. حيث تشكل نطاقات متصلة من الغابات الممتدة شرقاً وغرباً، بعرض القارة من المحيط إلى المحيط. ويقع إلى الجنوب من الدائرة القطبية الشمالية (66.5)؛ أما في نصف الكرة الجنوبي، فلا تكاد تظهر إلا في بقعة ضيقة من غرب أمريكا الجنوبية. ويعزى ذلك إلى أن أجزاء القارات الجنوبية محدودة المساحة، ولا تمتد إلا قليلاً في المنطقة المعتدلة الباردة.

وغالباً ما تدعى هذه الغابات بغابات التايبعا (Tiaga)، حيث تنتهي حوافها الشمالية بالخط الذي يمثل أقصى امتداد للنمو الشجري شمالاً. وتغطي الغابة الصنوبرية (المخروطية) في قارتي أوروبا وآسيا (أوراسيا)، أكبر مساحة غابية في العالم.

ومن أهم الأشجار التي توجد فيها؛ هي أشجار الصنوبر والشربين والصفصاف، والاسفندان واللاريكس والبتولا والدردار، متناثرة في الغابات بأكملها. وهي أكثر ما تكون في الوهاد المنخفضة التي تتجمع فيها مياه المستنقعات، أو المناطق التي اجتثت منها الأشجار الأصلية، فنمت كأشجار ثانوية، كما هو الحال في شرق كندا والولايات المتحدة، حيث أعيد تحريج



المساحات التي قطعت منها الأشجار الأصلية كإعادة للتحريج (Re -Forestration) من جديد[1].

وبوجه عام، يتصف هذا الإقليم بأن أشجاره الصنوبرية متلاصقة موحشة، لا تسمح تيجان أشجاره بتغلغل كثير من الضوء أو أشعة الشمس داخل الغابة؛ بعكس الحال في الغابة النفضية.

ونتيجة لنمو هذه الأشجار في العروض العليا (بين 50-60 شمالاً)، فيكون نصيبها من أشعة المس ضئيل للغاية. ولما كانت الغابة الصنوبرية، أكثر عتمة من الغاية النفضية، فإن أرضيتها تحت الأشجار الصنوبرية، تكاد تكون عارية من النباتات الصغيرة، فيما عدا الأشجار العالية، بالإضافة إلى أن النشاط البكتيري فيها ضئيل كذلك؛ وبالتالي فإن تربتها البودزولية الحمضية، تتصف بقلة المواد العضوية فيها. وإن وجدت هذه المواد، فلا تتوفر الحرارة الكافية لتحللها، لتصبح مادة دبالية تساهم في زيادة خصوبتها. كما تتميز هذه الأشجار المخروطية بقدرتها على الاحتفاظ بأوراقها في فصل الشتاء. ويساعد على ذلك سمك الأوراق ووجود طبقة صمغية عليها. ومن أعظم هذه الأشجار وأفضلها، هي التي تنمو في الجزء الجنوبي الدافئ من الإقليم. وكلما اتجه الإنسان في هذه الغابة من الجنوب إلى الشمال، كلما قلت كثافة الأشجار؛ وبالتالي قل طولها وبطأت في النمو.

ومن أهم أشجاره، شجرة الشربين الذي يمتاز بجودة أخشابه، والصنوبر

---

(1) د. علي حميدان، محاضرات في الجغرافيا المناخية بكلية تأهيل المعلمين العالية، عمان، 1990م-1991م.

الأحمر الذي يتصف بعصارته التي يمكن تقطيرها، لاستخراج مادة التربنتينا والتي تدخل في صناعة الأصباغ المختلفة.

وتقسم الغابات الصنوبرية إلى قسمين هما:

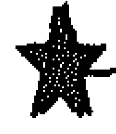
أ. غابات صنوبرية شبه قطبية.

ب. غابات صنوبرية معتدلة.

ويبلغ أقصى نمو لها من حيث المساحة، في المناطق القارسة البرودة داخل الإقليم شبه القطبي، في أمريكا الشمالية وأوراسيا.

وتتميز هذه الأشجار بأن لديها القدرة على مقاومة الجفاف، حيث أن جذورها لا تصل إلى الماء، إلا خلال مدة تتراوح ما بين ثلاثة إلى خمسة أشهر فقط. بل إنها في أشهر الصيف التي تذوب فيها الثلوج، وتسقط الأمطار، لا ينشط العمل الكيميائي للماء في تذويب مواد التربة، اللازمة لغذاء النبات نشاطاً كبيراً؛ نتيجة لبرودة التربة من جهة، وتوافر المواد الحمضية الناجمة عن تساقط الأوراق الإبرية، والأغصان والمواد العضوية غير المتحللة (الفجة) من ناحية أخرى. وبذلك تبقى تربتها البودوزولية حمضية غير صالحة للإنتاج الزراعي على الإطلاق.

كما تتميز هذه الغابة بشتائها الطويل البارد والجاف، وبصيفها القصير المعتدل الحرارة. كما تنمو الأشجار بسيقان رفيعة لا تتجاوز سمكها الـ (50 سنتمتراً)؛ وقصيرة لحد ما مع نمو بطيء خاصة في أطراف الغابة الشمالية المحاذية لمنطقة التندرا. غير أن المناطق المنخفضة تنمو فيها أشجار التنوب الفضي وأشجار البلسم. ويختلف هذا الإقليم الحيوي عن سابقه بقلة المطر نسبياً، ومعظمها تسقط في نصف السنة الصيفي، وبانخفاض كمية الرطوبة في هوائه، وتزايد المدى الحراري الفصلي عن سابقه. والانتقال فجائياً بين الظروف المناخية



السائدة في فصل الصف إلى الظروف المناخية التي تسود في نصف السنة الشتوي. بدون فصل خريف أو ربيع. كما يمتاز بانخفاض معدل درجة الحرارة فيه، في كل من مدن أركانجل (Arkangel) ووارسو لما دون درجة التجمد...

وحينما تقطع الأشجار فيه، تستخدم المجاري النهرية لنقلها إلى مصانع الأخشاب لإنتاج مشتقات الغابة. وتعتبر مدينة أركانجل الروسية مركزاً رئيساً لهذا الغرض.



صورة رقم (15): توضح جانباً من أشجار الغابة الصنوبرية مع حيوان الموظ

وخلاصة القول، يعد هذا الإقليم الحيوي مخزناً رئيساً للأشجار المخروطية في كل من أوراسيا وأمريكا الشمالية، والتي تستخرج منها مشتقات الغابة ممثلة في الأثاث والأصباغ ولب الورق وأعمدة الهاتف، وصناعة القوارب الخشبية والمساكن الخشبية والعطور والأدوية. كما تعتبر هذه الغابات ملاذاً للحيوانات البرية ذات الفراء الثمين مثل الدببة والذئاب والثعالب والأرانب والقنادس والسمور والمنك والطيور الجارحة وغير الجارحة.

ومن أهم أصناف الأشجار الصنوبرية في هذا الإقليم، فهو يتمثل في شجر الصنوبر الأبيض (White Pine) والصنوبر طويل الأوراق (Long leaf pine) وصنوبر الأوراق القصيرة (Short leaf pine) وصنوبر لابلالي (Lobolly Pine) وصنوبر واتنج (Pich Pine).

كما أن من أهم الحيوانات البرية التي تعيش في هذا الإقليم الأيل طويل الأذنين (Mule Deer) والألكة (الغزال الكبير) (Elk Dear) والذي يكثر وجوده في الأجزاء الشمالية الغربية من أمريكا الشمالية، بالإضافة إلى حيوان الموظ (Moose) والسنجاب الأحمر (Red Squirrel) وطائر الفيق (Jays) والغداف (Common Raven) وذئب الغابات (Tember Wolf) والكوجر (Cauger) اللذان يعتمدان في غذائهما على الحيوانات المجترة ذات الأظلاف؛ كالغزلان والأرانب والكباش والماعز الجبلية، ومن الحيوانات اللاحمة الدب الرمادي (Grzzly Bear) وحيوان الوشق (Lynx) والثعلب الأحمر (Red Fox) والدلق (Martens) والصياد (Fishers) وابن عرس (Wheasels) وغيرها[1].

الإقليم النباتي لأعشاب السفانا واللانوس المدارية

يقع هذا الإقليم النباتي بين دائرتي عرض 6 إلى 18 شمالاً وجنوباً. وحينما يقل التساقط نسبياً على حواف الغابة الاستوائية، تتحور صورة الغطاء النباتي من الأشجار الضخمة العالية (أكثر من 70 متراً) إلى أعشاب السافانا (Savanna) المدارية، والتي يتراوح طولها ما بين 5-7 أقدام. ولكنها تقتصر عن قدمين عند حواف الصحاري، كالصحراء الكبرى في شمال إفريقيا، وصحراء كلها ري وناميبيا في جنوبها مع وجود بعض الأشجار المتناثره فيها هنا وهناك.

(1) د. علي حميدان، الحيوية والتربة، دار الفكر، القدس، 2003م.

وتغطى أعشاب السافانا مساحات شاسعة من سطح الكرة الأرضية، إذ ما قورنت بالأنواع النباتية الأخرى في الأقاليم الحيوية فوق سطح هذا الكوكب الحيوي. وتتمثل هذه الأعشاب المدارية في هضبة البرازيل. حيث تسمى بنباتات الكامبوس وفي حوض نهر الأورينوكو (Orenoko) وتدعى أعشاب اللانوس (llanos). أما في أمريكا الشمالية، فتوجد في أجزاء من جنوب هضبة المكسيك وخاصة إقليم شياباس (Cheebass) وفي الساحل الغربي لأمريكا الوسطى.

أما في القارة الإفريقية، فتوجد في جنوب السودان ووسطه، وغربه، وفي وسط وشمال جمهورية نيجيريا وهضبة البحيرات بوسط إفريقية، وفي جمهورية زامبيا جنوب الكنغو الديمقراطية.

أما في قارة آسيا. فتوجد في شمال غرب هضبة الدكن، وفي بعض نواحي الهند الصينية. وأما في القارة الاسترالية فتوجد هذه الأعشاب على شكل نطاقات تمتد بين الغابات الموسمية في الشرق، وبين صحراء وسط وغرب أستراليا.

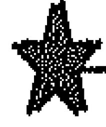
ويتضح من هذا التوزيع، أن هذا النوع من الأعشاب يغطي مساحات شاسعة من اليابس. وذلك في الأماكن التي تتفاوت فيها كمية التساقط من جهة لأخرى. إذ بينما نجد معدلات تساقط الأمطار في مدينة منجلا (Manjela) الواقعة على تقاطع درجة عرض 6 درجات شمالاً وخط طول 30 شرقاً بالسودان، قد بلغ نحو 150 سنتمتراً في المتوسط سنوياً، نجده في الخرطوم العاصمة المثلثية الواقعة عند تقاطع درجة عرض 35 °15 شمالاً وخط طول 30 °32 شرقاً وعلى ارتفاع 345 متراً فوق سطح البحر قد بلغ نحو 16 سنتميتراً فقط!!.

ويبدو من تباين كمية التساقط هو تدرج الأمطار في هذا الإقليم من الجنوب إلى الشمال بالسودان، حيث تزيد باتجاه إقليم الغابات الاستوائية، ولكنه يتناقص حتى حواف الصحاري المدارية سواء الصحراء الكبرى أو صحراء

كلهاري. ومع هذا التدرج في كمية التساقط، يتناسب طول هذه الأعشاب من سبعة أقدام بالقرب من حواف الإقليم الاستوائي التساقط، يتناسب طول هذه الأعشاب من سبعة أقدام بالقرب من حواف الإقليم الاستوائي إلى نحو ثلاثة أقدام في وسط السودان (الجزيرة)، ثم إلى قدمين قرب الخرطوم، فقدم واحد شمالها في مدينة عطبرة فما دون ذلك في وادي حلفا الفاصل بين مصر والسودان.

وتسقط معظم أمطار هذا الإقليم في فصل الصيف. ولذلك يتبخر القسم الأعظم من كمية المطر، الأمر الذي جعل هذا الإقليم تختفي فيه الأشجار تدريجياً، وتحل محلها الأعشاب المدارية التي نحن بصددها. وتنمو هذه الأعشاب خلال موسم المطر وهو فصل الصيف، ولكنها لا تلبث أن تجف بسرعة عند حلول موسم الجفاف وهو فصل الشتاء. ومن أصلح أنواع المناخ لظهورها؛ وهو المناخ الذي يوجد فيه فصل نمو مطير ودفيء، وفصل آخر يتوقف خلاله نمو معظم النباتات، ويتراوح طول فصل الصيف المطير فيها ما بين أربعة إلى ستة أشهر، ولكنها لا تكفي لتكوين غابة في هذا الإقليم. ويقل المطر في كميته، ويقصر في موسمه، كلما اتجهنا شمالاً باتجاه حافة الصحراء الكبرى، أما حينما نتجه لمناطق السافانا المحاذية للغابات الاستوائية، فقد يطول موسم المطر لمدة تتراوح ما بين سبعة إلى ثمانية أشهر. أما في مناطق السافانا الملاصقة لحواف الصحاري، فإنه لا يتعدى الشهرين من أشهر الصيف. ويسقط في فترات قصيرة، ولكن يتبخر الجزء الأعظم منه، مما يؤدي لنمو أعشاب سافانا قصيرة وهزيلة نتيجة لقلة التساقط وتزايد التبخر.

وتتصف هذه الأعشاب بكونها من الأعشاب الخشنة ذات الأوراق النصلية (مدببة الرأس وعريضة في الوسط)، ولكنها لا تخلو من بعض الأشجار النفضية. ومنها ما يتصف بأوراقه الشوكية مثل أشجار السنط، التي تتغطى



أوراقها بطبقة شمعية غير مسامية، وتغطي سيقانها قشور سميكة للحفاظ على الرطوبة فيها من الجفاف، الذي يدوم غالباً لمدة تتراوح ما بين 4 إلى 7 أشهر. وتظهر هذه الأشجار في شكل متناثر وعلى شكل مظلات لمقاومة هبوب الرياح التجارية القوية في هذا الإقليم.

أما فيما يتعلق بالتربة في هذا الإقليم؛ فهي تربة سميكة وغنية بالمواد العضوية، نتيجة تعرضها لفصل جاف، تموت فيه أعشاب السافانا، ومن ثم تتحول لمادة دبالية، تجعل من هذه التربة غاية في الخصوبة. ولذلك تحولت مساحات كبيرة فيها لزراعة الحبوب كالذرة الصفراء والذرة العويجة والفول السوداني والفستق البرازيلي، ونباتات الأعلاف في كل من الدول الإفريقية كالسودان ونتيجيريا وبعض دول أمريكا الجنوبية، مثل فنزويلا والبرازيل وكولومبيا.



صورة رقم (16): توضح الخنزير الإفريقي (اللاحم والعاشب) وهو يرعى وسط أعشاب السفانا

أما فيما يتعلق بحيوانات هذا الإقليم، فتتمثل في الحيوانات العاشبة

والحيوانات اللاحمة. أما الحيوانات العاشبة فتتمثل في حيوان وحيد القرن (الخرتيت) (Rhinoceros) والغزال الإفريقي الكبير (العلند) (Eland)، والجاموس الإفريقي (Buffalo)، والفيلة (Elephants)، والحمر الوحشية (Zebra)، حمار الزرد، وغزلان النُّوْ، وغزلان الإمبالا (Impala deer) وغزلان الجرانت (Grants Gazalle) والزرافات (Giraffes) والخنزير الإفريقي (لاحم وعاشب) (Warthog) وغزلان البدن (Ibexes) وظباء جنوب إفريقية (Spring boks) وغزلان الرنة (Rein deers) وبقر الوحش الإفريقية (Oryxes) والتياتل الإفريقية (Hearte beests) وغيرها.



صورة رقم (17): توضح جانباً من قطيع الحمير الوحشية وغزلان النو في إقليم السفانا الافريقي في كينيا

أما الحيوانات اللاحمة، فتتمثل في الفهود الصيادة (Cheetah) والضباع (Hyenas) والثعالب (Foxes) والذئاب (Wolves) وكلاب كيب الصيادة (Cape Hunting Dogs) والأسود (Lions) والفهود (Leopards) والنمور المرقطة (Tigers) والقطط البرية (Servals) والكلاب البرية السوداء

(Wild dogs) بالإضافة إلى الطيور الجارحة مثل النسور الإفريقية الضخمة والبوم والحداءات والصقور (Buzzards) ومالك الحزين (البلشون) (Herons) وغيرها.

الإقليم النباتي لحشائش البراري والبامباس والاستبس

يقع هذا الإقليم النباتي في قارة أوراسيا بين دائرتي عرض 30-45 شمالاً، وفي أمريكا الشمالية والجنوبية بين دائرتي عرض 30-40 شمالاً. أما في قارة أستراليا وإفريقية فينحصر بين دائرتي عرض 30-40 جنوباً.

ويتمثل هذا الإقليم النباتي في قارات العالم المختلفة بدءاً بقارة أوراسيا، في هضاب شبه جزيرة الأناضول وأرمينية وإيران ومنغوليا، وسهول التركستان وهضابها الصينية والروسية معاً. كما يضم سهول أوكرانيا جنوب روسيا الاتحادية، وأجزاء أخرى من شرق أوروبا في سهول هنجاريا ورومانيا. وتعرف هذه السهول بسهوب الاستبس أو حشائش السهوب. وهي تتدرج من أقليم الغابات النفضية في الغرب وإقليم الغابات الصنوبريه في الشمال، كما تتناقص كثافتها كلما اتجهنا شرقاً، تبعاً لتناقص الأمطار في الرياح الغربية الدائمة، حتى تنتهي في صحاري وسط آسيا. ولكنها تعود مرة أخرى، لتظهر في سهول منشوريا إحدى ولايات الصين الشعبية (160 مليون نسمة). كما تظهر في مساحات شاسعة في كل من إيطاليا وإسبانيا. وبذلك فهي تنحصر بين إقليم غابات البحر المتوسط غرباً، وغابات الإقليم الصيني شرقاً.

أما في قارة أمريكا الشمالية، فتغطي حشاش البراري المعتدلة، مساحات شاسعة من وسط القارة في العروض المعتدلة بين (30-40 شمالاً)، وبين جبال الإبلاش شرقاً. والجبال الصخرية (الروكي) غرباً. وتعرف تحت اسم سهول البراري الأمريكية.

أما في قارة إفريقية، فتغطي هذه الحشائش القسم الجنوبي من هضبة إفريقية الجنوبية، والواقعة للشرق من صحراء كلهاري، وخاصة في هضاب الفلد (Veld) والتي تنمو عليها حشائش الفلد العالية، حيث تربى عليها قطعان الأغنام[1].

أما في قارة أمريكا الجنوبية، فيتمثل هذا الإقليم أصدق تمثيل في سهول الأرجنتين الواقعة بين ساحل المحيط الأطلسي شرقاً وجبال الأنديز غرباً. كما تضم سهول جمهورية أوروغواي وجمهورية براغواي. ويطلق على هذه السهول محلياً اسم سهول البامباس– Pampas حيث تسرح فيها حيوانات اللاما كما في الصورة.

ولكنها توجد في قارة أستراليا في السهول العظمى، الواقعة في حوض نهر مري ودارلنغ بين المرتفعات الاسترالية الشرقية وصحراء وسط وغرب أستراليا، ويتفاوت طول الحشائش في تلك السهول بين 80–40 سنتمتراً فما دون على حواف الصحراء الاسترالية حتى تنتهي في النطاق الصحراوي الذي يضم معظم وسط القارة.

(1) د. علي حميدان المرجع نفسه.





صورة رقم (18): توضح حيوانات اللاما في سهول البامباس في الارجنتين

أما فيما يتعلق بالتساقط في هذا الإقليم، فتتراوح كمية المطر فيه بين 70 إلى 1000 ملمتر (30-40 بوصة) في المتوسط سنوياً. وتسقط معظم كمية الأمطار فيه خلال أشهر الربيع والصيف. ولكنها لا تكفي لنمو أشجار الغابات. ولذلك يتمثل تأثيرها في هذا الشكل من الغطاء النباتي وهي (الحشائش المعتدلة) التي يتفاوت طولها ما بين 2-3 أقدام. وتتدرج كمية الأمطار في سهول البراري الأمريكية ما بين 1000 ملمتر غرب جبال الأبلاش إلى 700 مليمتر في غرب سهول البراري ثم تهبط إلى 300 مليمتر فما دون في السهول العليا عند مقدمة جبال الروكي.

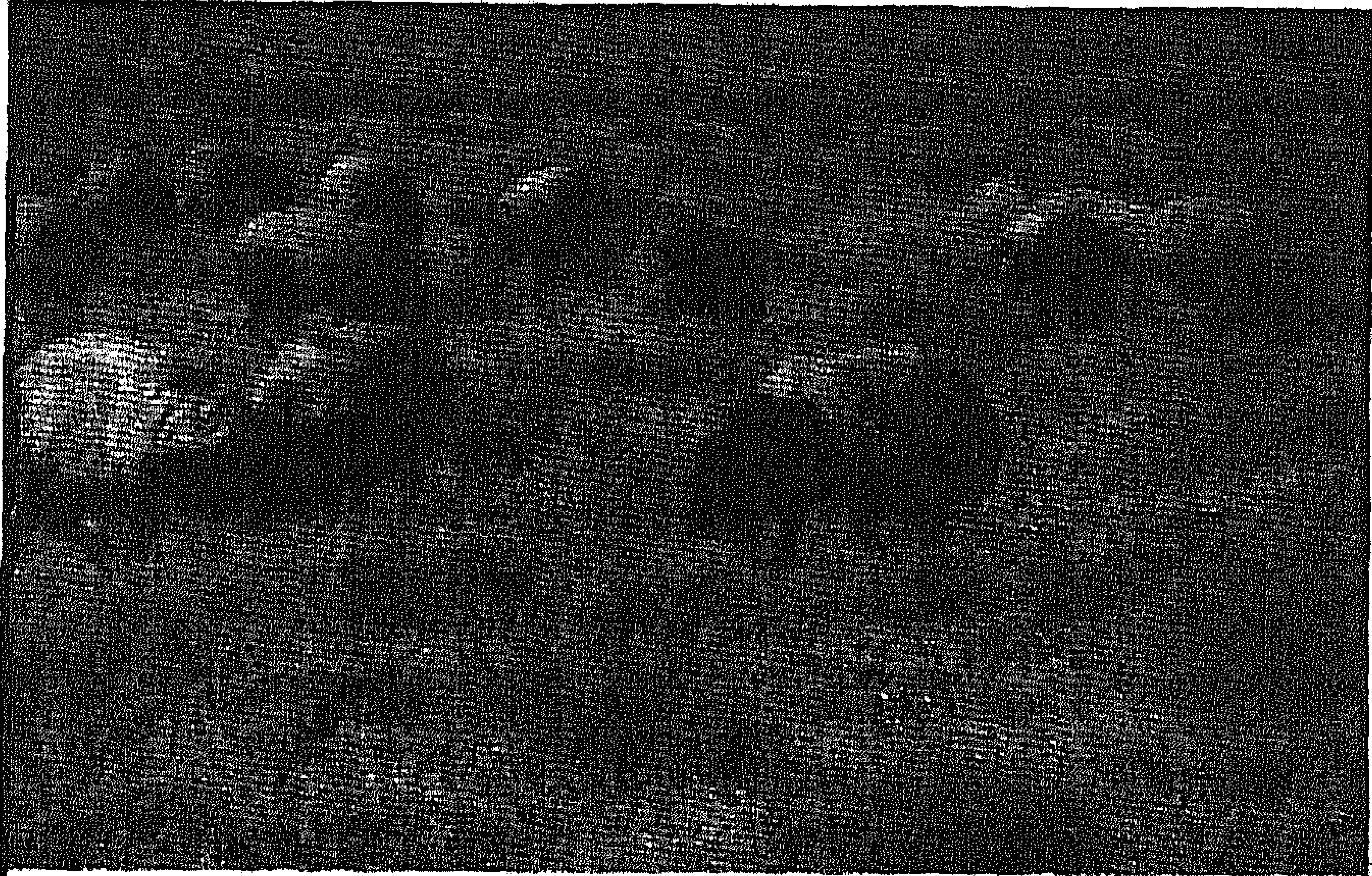
وكذلك الحال في تدرج الأمطار في سهول البامباس من ساحل المحيط الأطلسي شرقا إلى أقل من 200 مليمتر فما دون عند مقدمة جبال الأنديز حيث تسود صحراء بتاغونيا.

وعليه، يتصف هذا الإقليم بندرة الأشجار فيه، إلا حيث تتوفر مجاري

الأنهار كما أن حشائشه المعتدلة هي أقل ارتفاعاً وسمكاً وكثافة وخشونة من أعشاب إقليم السافانا المدارية، التي تتسم بخشونتها وبأطرافها الحادة.

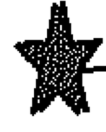
أما فيما يتعلق بدرجات الحرارة فيه، فإنها تكون شديدة الحرارة في فصل الصيف، حيث وصلت في مدينة كييف (Kieve) الأوكرانية إلى نحو 19 مئوية في شهر تموز، ولكنها تهبط إلى نحو ناقص ست درجات مئوية تحت الصفر. كذلك في مدينة أوماها عاصمة ولاية نبراسكا الأمريكية، وصل معدل الحرارة في شهر تموز لنحو 25 مئوية، ولكنها هبطت إلى نحو ناقص ست درجات مئوية تحت الصفر.

وتنمو هذه الحشائش عقب سقوط المطر في أشهر الربيع والصيف، وحينما يأتي فصل الخريف تبدأ بالجفاف والذبول تماماً، وتتحول لمادة عضوية خصبة في نسيج التربة.



صورة رقم (19): توضح جانباً من قطيع الماشية في سهول الاستبس المنغولية

أما فيما يتعلق بالتربة في هذا الإقليم، فهي من أخصب أنواع الترب في



العالم. حيث يتراوح سمكها في سهول البراري والبامباس الأمريكية ما بين 3-4 أقدام، بينما يصل سمكها في سهول أوكرانيا وتركستان الروسية ما بين 2-3 أقدام. ونتيجة لخصوبتها وطبوغرافيتها السهلية وتوافر الأمطار الربيعية والصيفية فيها، فقد أصبحت تشكل مخازن رئيسة لإنتاج الحبوب بأنواعها المختلفة من القمح الربيعي والشتوي والذرة الصفراء والعويجة والبقوليات والأرز؛ والأعلاف والشعير والشيلم والشوفان، الأمر الذي جعل الولايات المتحدة وكندا والأرجنتين وأستراليا من المناطق المنتجة الأولى في العالم، والمصدرة لهذه المنتجات. بجانب روسيا الاتحادية التي تنتج القمح الربيعي، ولكنها تستورد ما تحتاجه من كندا والولايات المتحدة الأمريكية (تنتجان معاً نحو 120 مليون طن سنوياً). وعليه، يعتبر هذا الإقليم النباتي من الأقاليم الرئيسة في العالم، لإنتاج المنتجات الزراعية النباتية والحيوانية ممثلة في الحبوب واللحوم والدواجن والأصواف والجلود ومشتقات الألبان والأعلاف وغيرها. ففي سهول البراري الأمريكية والكندية كانت تسرح فيها الخيول البرية والماشية وخاصة ثيران البيسون الأمريكية، وكذلك في سهول الإستبس الأوراسية، ولكنها حالياً تسرح فيها ملايين الرؤوس من الأغنام في هضاب إيران وتركيا؛ بالإضافة إلى حيوان الياك (Yak) في هضبة التبت، وحيوانا اللاما (LAMA) والألباكا في مرتفعات الأنديز. أما في السهول الأسترالية والبامباس فتربى ملايين الرؤوس من الأغنام، حيث وصلت أعداد الأغنام في أستراليا لنحو 220 مليون رأس. وتعتبر حرفة الرعي التجاري وإنتاج مشتقات الألبان في أستراليا ونيوزلندا، والأرجنتين والولايات المتحدة وروسيا في هذا الإقليم من الحرف الرئيسة، والمناسبة لمنتجات الثروة الحيوانية المختلفة، وتصديرها لأسواق العالم المستهلكة كالسوق العربي حية أو مجمدة.

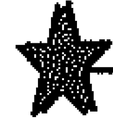




صورة رقم (20): توضح جانباً لقطيع من ثيران البيسون الأمريكية في إقليم البراري .

أما فيما يتعلق بالحيوانات البرية التي تسرح وما زالت في هذا الإقليم، فتتمثل في ثيران البيسون (Bison) الأمريكية والوعول الأمريكية (Rein deers) وحيوانات الإلكة (Elka) والأيائل الكبيرة والأرانب الأمريكية (Jack Rabbits)؛ بالإضافة إلى الخيول البرية. كما توجد حيوانات اللاما والألباكا في سفوح منحدرات جبال الأنديز وحيوانات الياك في سهول التبت بوسط آسيا، بجانب الحيوانات اللاحمة مثل الذئاب والأسود الأمريكية (Cougars) والثعالب والدببة وسناجب الأرض (Ground Squirrels)، وحيوانات القيوط وابن مقرض بالأرجنتين، والخيول والمواشي بأنواعها المختلفة من أبقار وأغنام وخنازير ودواجن وغيرها.

أما أصناف حشائش البراري التي تسرح فيها هذه القطعان، فتتمثل في الحشيش الإبري (Needle grass) وحشيشة الفيسكو (Fescue) وحشاش



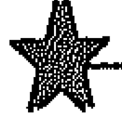
السيقان الزرقاء (Blue stems) وحشائش السلك (Wire Grass) وغيرها، حيث تقبل عليها الحيوانات بنهمٍ شديد.

إقليم نباتات الصحاري الحارة والباردة

تمثل الصحراء صورة مناخية لكمية الأمطار والغطاء النباتي، الذي يندر وجوده فيها. وحينما تقل كمية التساقط عن 200 مليمتر، فإن الصورة النباتية تتغير من نباتات فقيرة متناثرة، إلى أشواك تم الدخول إلى السهول الرملية التي يقل فيها المطر عن عشرة مليمترات سنوياً.

وتتميز الصحاري بارتفاع درجات الحرارة الشديدة فيها نسبياً؛ وبالتالي ارتفاع نسبة التبخر، فتزايد الأملاح في نسيج التربة، نتيجة لقلة الماء الجاري على سطح الأرض، وقلة الغطاء النباتي، وبالتالي قلة ظهور السحب في سماء تلك الصحاري.

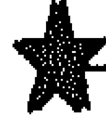
وبوجه عام، يمكن تعريف الصحاري، بأنها اسم يطلق على إقليم لا تساعد ظروفه الطبيعية على قيام حياة نباتية، وبالتالي حيوانية تذكر. ولكن لا يعني هذا أن الصحراء يجب أن تكون خالية خلواً تاما من الحياة النباتية والحيوانية. حيث إن الصحاري التي تتصف بتلك السمات، فهي تعتبر قليلة للغاية ومعظم الصحاري توجد فيها حياة نباتية وحيوانية متوافقة مع ظروفها الطبيعية السائدة فيها، ولكنها فقيرة جداً، إذ ما قورنت بأقاليم أعشاب السافانا وأعشاب اللانوس والكامبوس وحشائش السهوب وحشائش البراري وحشائش البامباس والغابات.




صورة رقم (21): توضح جانباً من الحيوانات البرية في صحراء كلهاري

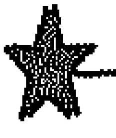
وتضم الصحاري مساحات شاسعة من سطح اليابس، حيث تتمثل في الصحراء الكبرى المدارية في شمال إفريقية، وصحاري شبه الجزيرة العربية وصحراء كلهاري في جنوب إفريقية، وصحاري وسط وغرب أستراليا؛ وصحاري نيومكسيكو وسونورا (Sonora) في الولايات المتحدة الأمريكية، وصحراء أتكاما في أمريكا الجنوبية، وصحراء ثار شمال غرب الهند. أما الصحاري الباردة، فتتمثل في بادية الشام وصحراء غوبي شمال الصين وصحراء تكلاماكان وحوض تسيدام، وحوض كولورادو وصحراء بتاغونيا وصحراء تركستنان الروسية، بالإضافة إلى صحاري وسط إيران وجنوب أفغانستان. وبينما تقع الصحاري المدارية بين دائرتي عرض 20°–30° شمالاً في قارتي إفريقية وآسيا وبين دائرتي عرض 25° –35° شمالاً في أمريكا الشمالية وبين دائرتي عرض 20°–30° جنوباً في قاده استراليا. أما الصحاري الباردة فتقع في قادة آسيا بين دائرتي عرض 37°-50° شمالاً وفي أمريكا الشمالية بين دائرتي عرض 37°–40° شمالاً. أما في أمريكا الجنوبية فتنحصر بين دائرتي عرض 35°–50° جنوباً.

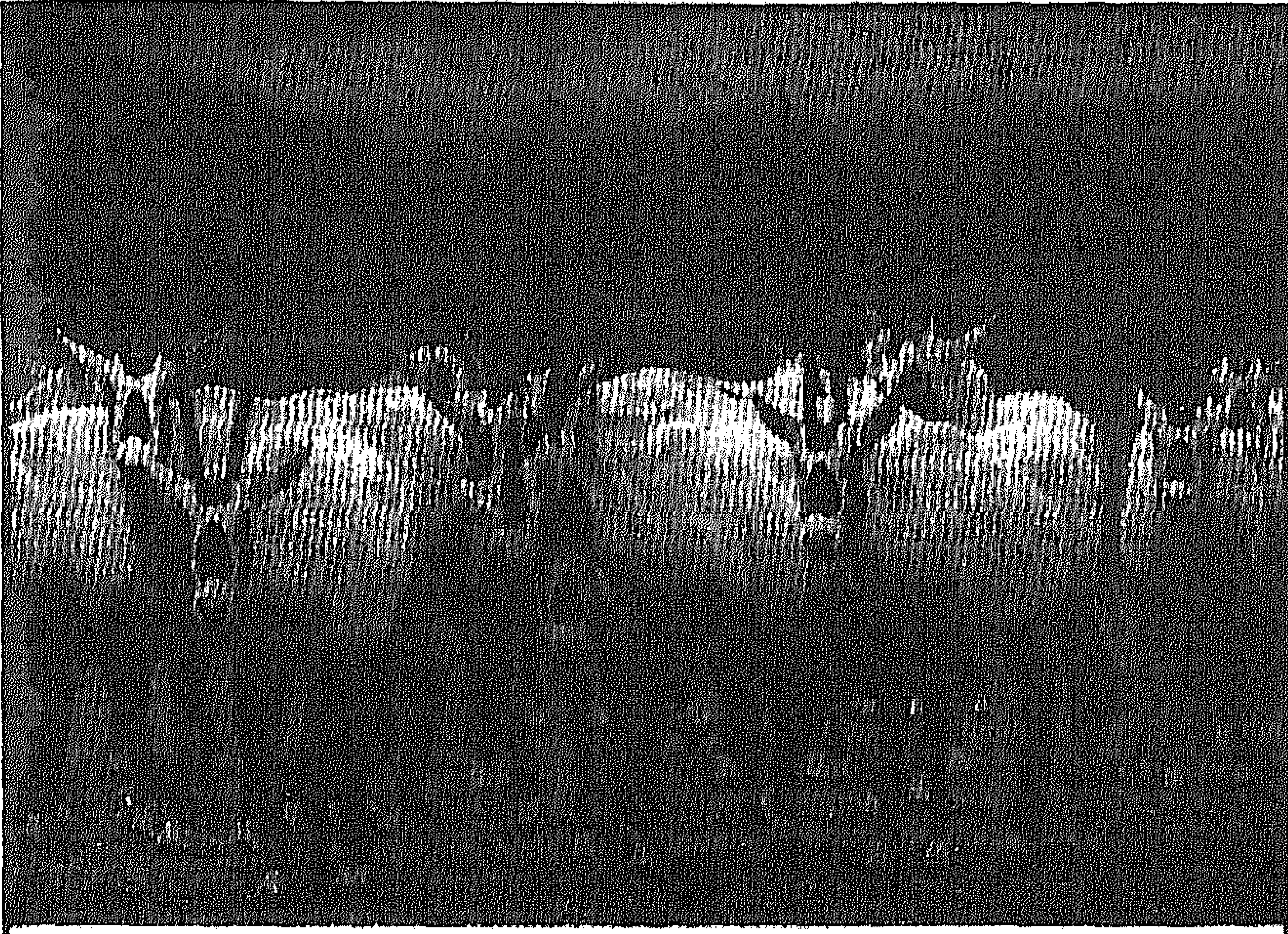
أما فيما يتعلق بكمية الأمطار فتعرف الصحاري بأنها المناطق القاحلة التي



تقل فيها كمية الأمطار عن 200 مليمتر. أي أن معدل التساقط السنوي فيها لا يزيد عن 4 مليمترات فقط في بعض الصحاري الشديدة الجفاف، بينما تصل معدلات التبخر اليومي فيها لأكثر من 10 مليمترات أو ما يوازي 3600 مليمتر سنوياً، نتيجة لمعدلات الحرارة العالية في تلك الصحاري الحارة المدارية.

وعليه، فالصحاري تتصف بوجود مناطق شاسعة عارية تماماً من النباتات. كما تتميز تربتها بأنها تربة غير ناضجة لقلة المواد العضوية فيها، وعدم وضوح مقطعها الرأسي في طبقات واضحة مميزة تختلف فيما بينها كيماوياً وفيزيائياً. وينعكس هذا الوضع على الغطاء النباتي الذي يتشكل في مجموعة- بوجه عام- من نبت متناثر في أراضي الواحات أو مسارب الأودية، ويندر فيها وجود الأشجار الموجودة في الأقاليم النفضية أو الصنوبرية والاستوائية مثلاً. ولذلك تمثل الصحاري التجمعات التي تظهر أكثر النظم البيئية جفافاً. كما تتميز بالمدى الحراري الكبير سواءً يومياً أو فصلياً. ففي النهار ترتفع درجة الحرارة لأكثر من 50 درجة مئوية كما حدث في مدينة زوارة في ليبيا في يوم 19/ 6/ 1994، حيث ارتفعت درجة الحرارة لنحو 56° درجة مئوية، وانخفضت بالليل لنحو 23 مئوية. وبذلك وصل الفرق اليومي لنحو 33° مئوية. آنذاك ولكن بوجه عام- ترتفع درجة الحرارة في المتوسط في هذه الصحاري المداريه لنحو 48° مئوية، وتنخفض بالليل لنحو 15° مئوية خلال أشهر الصيف. أما في أشهر الشتاء فترتفع في مدينة الرياض بالسعودية لنحو 30° مئوية وتنخفض بالليل لنحو 9 درجات مئوية فما دون. وغالباً ما تنخفض دون درجة التجمد. كما حصل في مدينة الرويشد بالبادية الأردنية في شهر كانون ثاني من عام 1989م، حيث انخفضت لنحو 18 درجة مئوية تحت الصفر، وتقع ضمن بادية الشام والتي تعتبر من الصحاري الباردة الآنفة الذكر.





صورة رقم (22): توضح جانباً من غزلان المها العربية في البادية الأردنية

وهناك بعض الباحثين من يرى تحديد الصحاري الحارة بخط مطر متساوي يبلغ 300 مليمتر، وفي الصحاري المعتدلة بخط مطر 200 مليمتر، وفي الصحاري الباردة بنحو 125 مليمتراً.

ونتيجة لقلة التساقط في هذا الإقليم الصحراوي، فإن الحياة النباتية فيه تقسم إلى عدة أنواع من أهمها ما يلي:

أ. نباتات الجفافيات: Xerophytes.

ب. النباتات المحبة للملوحة: Halophytes.

ج. النباتات الحولية (غير المستديمة).

أ. أما النباتات المحبة للجفاف، فهي تلك النباتات التي تتحمل النقص الشديد في المياه والحرارة العالية. وتتمثل في الشجيرات القصيرة كالقطف الملحي

والأشواك ذات الأوراق الإبرية التي تقاوم الجفاف الشديد. ومعظمها لا يتعدى طولها ما بين قدم إلى قدمين، وإن كان بعضها يرتفع إلى ما بين 15 إلى 50 قدماً في بعض الأحيان كنبات الصبار (Cactus) في صحراء سونورا بالولايات المتحدة الأمريكية، ومثل أشجار العجرم والدوم والحنظل والطرفا والأثل وغيرها.

ب. النباتات المحبة للملوحة: ويتمثل هذا النوع من النباتات في تلك التي تعيش في التُربْ التي تحتوي على نسب عالية من الأملاح. مثل نبات المسار المر (الحلفا) كمادة أولية لعلف الماشية وصناعة الورق والحصر، بالإضافة إلى نباتات الكوخيا (Kochia) كعلف أخضر رئيس للماشية طيلة العام. كما يتمثل هذا النوع من النباتات المالحة في نبات الشورة (Mangroves). وقد برهنت زراعة نباتات المانجروف (الشورة) على أنها أشجار وشجيرات تنمو بالمياه المالحة الضحلة على سواحل البحار والمحيطات الواقعة بين مداري السرطان والجدي. وتعتبر هذه النباتات المحبة للملوحة الدواء الشافي لمنع زحف التصحر على الأراضي المعمورة خاصة وفي وطننا العربي الكبير على وجه الخصوص.

ج. أما النباتات الحولية غير المستدامة، فتتميز هذه النباتات بقصر دورة النمو التي تحياها لمدة تتراوح ما بين 6-8 أسابيع على الأكثر. حيث تنمو وتزدهر عقب العواصف المطرية الفجائية، ثم تموت، بعد أن تلقي بذورها في التربة، وما أن يأتي فصل المطر التالي حتى تعود لتنمو من جديد وهكذا[1]....

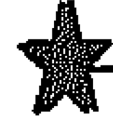
(1) د. علي حميدان، التصحر ومخاطرة، دار الفكر، القدس، 2003م.

ومن النادر أن تتغطى سماء الصحاري بالسحب. ولذلك فأشعة الشمس تكون مركزة على سطح الأرض طيلة النهار، ولا يستثنى من ذلك، إلا بعض الصحاري الساحلية مثل صحراء كاليفورنيا والصحراء العربية المطلة على ساحل المحيط الأطلسي جنوب مراكش، وصحراء ناميبيا، وذلك لمرور التيارات البحرية الباردة بمحاذاتها، حيث يظهر الضباب خاصة في ساعات الصباح الباكر، ونتيجة لذلك يظهر نوع من النباتات في تلك المناطق التي لها القدرة على امتصاص بخار الماء من الجو أو من الضباب، أو من نقط الندى التي تتراكم عليها عند الفجر.

أما فيما يتعلق بالحيوانات البرية في هذا الإقليم، فتتمثل في الزواحف كالسحالي والأفاعي والضب (vromastix spp)، والغزلان، خاصة غزلان المها العربية والريم العربي الجميل، والوعول والظباء. وكلها على حواف البوادي العربية حيث الكلأ والماء. وأما في قلب الصحاري فتسود القوارض كالفئران والأرانب، كما أن أغلبها يتلون بلون الرمال السائدة في الصحاري كالأفاعي المرقطة الحمراء في صحراء رمال سونورا الحمراء بالولايات المتحدة. بالإضافة إلى الجراد الذي يظهر بأسراب هائلة خلال السنوات الغزيرة المطر، مثلما حدث خلال فصل الشتاء عام 1989 بالأردن، في منطقة أرض الصوان، وتصدرت لها الطائرات بالمكافحة حينذاك.

كما توجد في الصحاري العربية الذئاب الرمادية العربية (Canus volpes) والثعالب العربية (Arabian Vulpes) والجربوع (Jaculus) والفار الشوكي (Acomys dimitiadus) والأفعى ذات القرون (Cerates) والورل (Varanus Greeca) والكوبرا الصحراوية.

كما تلائم النباتات الصحراوية الفقيرة، الغذاء الرئيس للجمال والماعز. وفي الصحاري العربية وبواديها يعيش الجمل ذو السنام الواحد، وفي صحاري



تركستان تعيش الجمال ذات السنامين والتي تستخدم في التنقل عبر الفيافي والقفار كسفن برية عابرة لتلك الصحاري والبوادي.

أما أهمية الأقاليم الاقتصادية، فتتمثل في حرفة الرعي الفقير وفي الزراعة المتطورة خاصة في الواحات، كواحات الإحساء بالمملكة العربية السعودية، التي تضم بين جنباتها نحو عشرة ملايين شجرة نخيل. وواحات الأزرق حيث نجحت فيها زراعة القثائيات كالبطيخ والشمام واللوزيات بشكل كبير. تلك الزراعة المروية من المياه الجوفية، والسطحية المتاحة. كما استثمرت المملكة العربية السعودية مياهها الجوفية، في وادي الرمة، ووادي السيح والسرحان في زراعة القمح المكسيكي، القائم على الري من المياه الجوفية حتى وصل إنتاجها عام 1991م لنحو 2.3 مليون طن. وقد زادت أهمية الأراضي الصحراوية بعد اكتشاف المعادن الفلزية واللافلزية، فيها كاكتشاف البترول في صحراء الخليج العربي وصحراء ليبيا في خليج سرت، وصحراء الجزائر وبادية الشام والعراق وغيرها من الأراضي الصحراوية في العالم.

إقليم التندرا Tundra

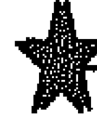
يمتد هذا الإقليم بين الغابات الصنوبرية في الجنوب، والغطاءات الجليدية التي يطلق عليها غالباً الصحاري الجليدية في شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية. كما يمتاز هذا الإقليم النباتي بوجود فصل شتاء طويل بارد ما بين 10 إلى 11 شهراً؛ حيث تكثر فيه الثلوج وانخفاض درجة الحرارة فيه دون درجة الحرارة عن ست درجات مئوية. وإن ارتفعت أكثر من ذلك فهي لا تزيد عن عشر درجات مئوية في الأغلب الأعم. ولذلك تبقى تربة الإقليم متجمدة ولا تساعد على وجود حياة نباتية مزدهرة، كما هو الحال في إقليم الغابات الصنوبرية الواقع للجنوب بها مباشرة، أو حشائش السهوب (الاستبس)، وحشائش البراري مثلاً.

ولكن هذا الوضع لا يخلو من بعض الحشائش القصيرة والطحالب (Mosses) والأشينات وحشائش البحر (Lichens) وعنب الثعلب؛ حيث تنمو في الأراضي المنخفضة حينما تتحول في فصل الصيف القصير إلى مستنقعات أو ينمو بعضها الآخر على شواطئ البحار والبحيرات. أما على سفوح المنحدرات المواجهة لأشعة الشمس باتجاه الجنوب، فتنمو النباتات ذات الأزهار المختلفة.

ويعزى عدم وجود النباتات الحقيقية، إلى أن تربة هذا الإقليم تبقى متجمدة طيلة أشهر السنة، وحينما يذوب الجليد في فترة الصيف القصير؛ فإنه لا يؤدي إلى ذوبان كل طبقة الجليد التي تغطي سطح التربة، بل يقتصر ذلك في طبقة رقيقة منه؛ الأمر الذي يؤدي لنمو هذا النوع من النباتات الهزيلة، التي لا تكفي لقيام حياة رعوية بمعنى الكلمة، كما هو الحال في سهول البراري والسهوب، والبامباس واللانوس والسافانا مثلاً. فجذور الطحالب والأشينات لا تتوغل كثيراً في أعماق التربة، بل تكون قصيرة ضحلة للغاية في هذه التربة المتجمدة.

أما فيما يتعلق بالحيوانات العاشبة في هذا الإقليم، فتتمثل في غزلان الكاريبو (Caribu) التي تعيش في شمال كندا، وقد وصلت أعدادها عند الأسكيمو لنحو 600 ألف راس وهم يستفيدون من قرونها وجلودها ولحومها. كما يقوم هذا الحيوان بجر الزحافات. أما في شمال أوراسيا فيوجد حيوان الرنة (Rein deer)، وقد استأنسه جماعات التانجوس (Tangus) والسامويد (Samoid) في شمال سيبيريا، واستخدموه في جر الزحافات عند تنقلاتهم، بالإضافة إلى الاستفادة من لحمه وجلده. كما يستخدمون جلود الرنة في ملابسهم وخيامهم.

ويتغذى هذا النوع من الغزلان على حشائش الطحالب، والنباتات



القصيرة مستخدماً أظلافه وقرونه، في تكسير الجلد الذي يغطي أراضي هذا الإقليم طيلة أشهر السنة تقريباً.

ونتيجة للإسراف في صيده (الصيد الجائر)، فقد قامت الحكومة الكندية وروسيا الاتحادية مع الولايات المتحدة، في تخصيص محميات طبيعية له في كل من شمال كندا وآلاسكا وشمال سيبيريا خوفاً من انقراضه، بالإضافة إلى تقديم الأعلاف الجافة له في تلك المحميات الطبيعية، بوساطة الطائرات الحوامة حينما تصبح الأرض مغطاة بالثلوج، ويصبح من الصعوبة بمكان أمام هذا لحيوان الحصول على غذائه. كما تكثر أنواع أخرى من الحيوانات العاشبة في هذا الإقليم، مثل الأرانب البرية ذات الشفة العليا المشقوقة (Hares) وحيوان الفول (Vole) واللاموس (Lemmings) وثيران المسك (Musk Oxen) في جزيرة غرينلند، بجانب الكباش الجبلية (Bighorn Sheep) والإلكة (Elk) والأيل (Deef) والماعز الجبلي (Mountain goats) وحيوان المرموط (Marmots) والبيكة من فصيلة الأرانب (Pikas). هذا بالإضافة إلى طيور البطريق (Pinguin) والبط الذي يعرف باسم الإيدر (Eider) والمشهور بريشه الناعم. كما يقوم الأسكيمو بصيد عجول البحر والفقمة خاصة في فصل الصيف. أما في الشتاء فيرحلون باتجاه نطاق الغابات المخروطية لصيد الحيوانات ذات الفراء الأنفة الذكر، ومنها الحيوانات اللاحمة في هذه البيئة القطبية مثل الذئاب القطبية والدببة القطبية البيضاء والسوداء والثعالب والقنادس والتي أشرفت على الانقراض فخصصت لها محميات طبيعية لتربيتها وإكثارها وحمايتها من الصيد الجائر.

وتبرز ملامح هذا الإقليم بشكل جلي في نصف الكرة الشمالي أكثر من نصفها الجنوبي، بسبب احتواء الأول على مساحة أكبر من اليابس. كما تتعرض

أراضيه في فصل الصيف القصير من شهر إلى شهرين. لحظ وافر نسبياً من أشعة الشمس، وسرعة الرياح التي تتراوح سرعتها ما بين 350 إلى 400 كم بالساعة.

ونتيجة لقلة الغطاء النباتي وتجمد التربة وقلة التساقط وعدم وجود حياة بشرية بمعنى الكلمة (فيما عدا) الجماعات البدائية القليلة العدد، المتناثرة على أطرافه الجنوبية خاصة، فقد أصبح في ظروفه الطبيعية والبشرية كنظيره في إقليم الصحاري المدارية والمعتدلة في العالم. أي منطقة طرد بشري لا أكثر ولا أقل من ذلك.



صورة رقم (23): توضح الدب القطبي في منطقة التندرا

الغطاء النباتي فوق الجبال

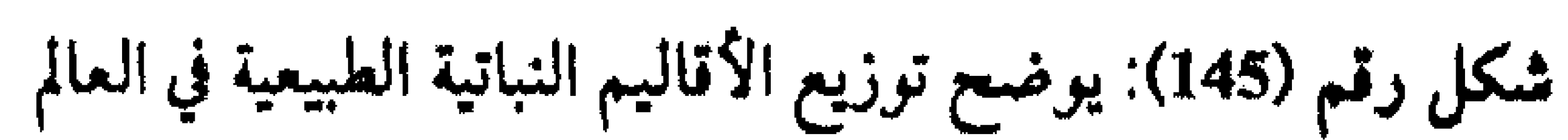
ما من شك في أنه كلما ارتفعنا عن سطح البحر في المرتفعات الجبلية، كلما انخفضت درجة الحرارة درجة مئوية واحدة لكل 150 متراً، وكلما انخفض

الضغط الجوي بوصة واحدة لكل 1000 قدم كما ذكر آنفاً. كما أن الغبار وبخار الماء والغازات الثقيلة تقل في نفس الاتجاه، الأمر الذي يؤدي إلى تسرب الحرارة بسهولة. كما تتأثر السفوح الجبلية المواجهة لأشعة الشمس، بارتفاع درجة الحرارة فيها أكثر من السفوح الظليلة (غير المواجهة لها). كما أن للمرتفعات الجبلية دوراً رئيساً في صد ومنع توغل الرياح القطبية الشمالية الباردة، جنوب مرتفعات الهملايا والألب، وغيرها الممتدة من الشرق إلى الغرب، كساحل الريفييرا الإيطالية، بل تحولت تلك المنطقة كمشات رئيسة شتاءً. ونتيجة للاختلافات المتتالية لعناصر المناخ كالحرارة والضغط الجوي والتساقط بجانب التربة فقد ظهرت عملية التناطق الرأسي Vertical Zonation على الجبال. فبينما نجد الغابات الاستوائية عند مقدمة جبلي كينيا وكليمنجارو، الواقعين على خط الاستواء على ارتفاع 1500 قدم فوق سطح البحر، نجد هذه الأشجار تتحول إلى أشجار نفضية من الموسمية على ارتفاع 5000 قدم، ثم إلى أشجار الغابة الصنوبرية على ارتفاع 10.000 قدم، ومن ثم إلى النباتات القصيرة الألبية على ارتفاع 15.000 قدم، ثم تسود الثلوج على أكثر من 18.000 قدم فوق سطح البحر. فتدرج الغطاء النباتي فوق الجبال الواقعة في المناطق المدارية، كجبال الهملايا وجبال أمريكا الوسطى والجنوبية وإفريقية ممثلة في فنزويلا وكينيا وأوغندة وكولومبيا وجمهوريات البرزخ. حيث تظهر هذه الظاهرة بشكل محسوس. ولهذا السبب جذبت هذه المرتفعات المستعمرين الأوروبيين للإقامة في الجبال، عوضاً عن السكن في السهول والمنخفضات المدارية حيث الحرارة والرطوبة العالية.

نخلص من هذا العرض إلى أن النباتات أو بالأحرى الأقاليم النباتية فوق سطح هذا الكوكب الحيوي، هي صورة حقيقة صادقة للمناخ بعناصره المختلفة. أو بمعنى آخر هي الانعكاس الحقيقي والفعلي للأقاليم المناخية، التي سبقت الإشارة إليها. فالنباتات هي السلسلة الغذائية الأولى للإنسان، ثم الحيوانات العاشبة، وعليها تعيش الحيوانات اللاحمة، وحينما تهلك وتموت تجف النباتات وتموت الحيوانات في التربة، التي نبتت منها النباتات لتضيف مادة عضوية تزيد في خصوبتها، وهكذا دواليك، تدور دورة الحياة التي خلقها الرحمن ليعيش عليها بني الإنسان وأبناؤه على مر الأجيال والسنين.



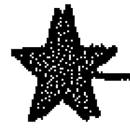
شكل رقم (144): يوضح توزيع الأقاليم النباتية الطبيعية في العالم



شكل رقم (145): يوضح توزيع الأقاليم النباتية الطبيعية في العالم

الفصل الثامن عشر

المناخ وتأثيره في البيئة



الفصل الثامن عشر

المناخ وتأثيره في البيئة

الأهمية التطبيقية للدراسات المناخية.

المناخ ودورة المياه.

المناخ والتربة.

المناخ والغطاء النباتي.

المناخ والحيوانات البرية الأليفة.

المناخ وجسم الإنسان.

المناخ والسكن وفن العمارة.

المناخ وملبس الإنسان وراحته.

المناخ والنقل.

المناخ والزراعة.

المناخ والصناعات التجارية وبعض الأعمال الهندسية.

المناخ والمعارك الحربية.

الفصل الثامن عشر

المناخ وتأثيره في البيئة

ما من شك في أن المناخ عنصر أساسي ومؤثر في البيئة كأحد عناصر البيئة الطبيعية، فهو لا ينتهي دوره عند جمع الإحصاءات الجوية فقط، باعتبارها المادة الخام لاستخراج المعدلات التي يعتمد عليها في استخلاص النتائج المناخية. وإنما يتعدى ذلك إلى محاولة تفسير هذه النتائج في ظل العوامل المؤثرة فيها، سواءً كانت تلك العوامل متصلة بالغلاف الصخري أو المائي أو الحيوي أو الغازي. وهنا تبرز حقيقة أخرى تفسر الصلة بين هذا العلم والعلوم التي تتناول هذه الأغلفة، بالدراسة والتحليل كالجيولوجيا وجغرافيا التضاريس وعلوم البحار والمحيطات. والنبات والحيوان. بل تركز على العلاقة بين المناخ والبيئة البشرية، بعناصرها مثل الإنسان والعمران والزراعة والنقل، والأمراض والملبس والملاحة الجوية والبحرية، والصناعة والآفات الزراعية وحماية المزارع من الصقيع، أو الحرارة الشديدة واستمطار الغيوم، والتقليل من أثر البرد وأعاصير التورنادو أو الأعاصير المدارية على الحياة البشرية.

إن أهمية هذا الفرع من فروع الجغرافيا الطبيعية، تكمن في تغلغله كعامل طبيعي مؤثر في مختلف نواحي الحياة على سطح كوكبنا الأرضي. وتشكل الكثير من ظاهراته الطبيعية وانعكاساتها على النواحي البشرية. لقد تعرف الإنسان على أهمية المناخ وتأثر به بصورة مختلفة على مر العصور. فنجده قد صنع الشراع واستخدم الرياح في دفعه، وأقام الزراعة المعتمدة على المطر قبل أن يعرف وسائل الري. كما لجأ إلى رد غائلة قسوة المناخ باستخدام النار والملابس للتدفئة في الجهات الباردة وغير ذلك[1].

(1) Crichifield, H. J.; OP. cit.

لقد ظهرت نظريات كثيرة عن ارتباط المناخ بالإنسان، منذ المراحل الأولى للحياة البشرية. ويميل العديد من الباحثين والعلماء للاعتقاد، بأن الإنسان الأول قد بدأ حياته وأولى؛ مراحل حضارته الأولى في منطقة لابد وأنها امتازت بالمناخ المعتدل الملائم لحياة الإنسان. فمثلاً لا يحتمل أن الموطن الأصلي للإنسان، كان في منطقة ذات مناخ استوائي شديد الحرارة وغزير الأمطار، أو في مناخ قطبي شديد البرودة أو آخر كثير العواصف. ولكن لا بد أن أولى المراحل البشرية قد بدأت في إقليم معتدل المناخ. غير أن الإنسان فيما بعد حينما تقدمت وسائله الحضارية، ونمت شوكته واشتد عوده، قد استطاع أن ينتقل وينتشر إلى الأقاليم ذات المناخ القاسي. واستطاع أن يكيف نفسه بطريقة ذكية مع ظروف المناخ. لقد ازدادت أهمية هذا العلم بعد الحرب العالمية الثانية، حيث أظهرت الحرب ضرورة جمع المعلومات والبيانات الطقسية، واستخدامها في الوحدات الجوية والبحرية والبرية للجيوش، وضرورة الاستعانة بهذه المعلومات المتعلقة بالطقس اليومي عند التخطيط للعمليات الحربية.

الأهمية التطبيقية للدراسات المناخية

تتأثر كثيراً الموارد الطبيعية والبشرية ونشاطات الإنسان على سطح الأرض، بالظروف الطقسية والمناخية. وقد حاولت الدراسات المناخية التطبيقية المعاصرة، وضع الحلول المناسبة عندما يكون للتغيرات الطقسية والظروف المناخية؛ أثرها الواضح في شكل الإنتاج الاقتصادي وحجمه، وكفاءة الأعمال التي يقوم بها الإنسان فوق سطح الأرض، ونتيجة لأهمية المناخ التطبيقية في بيئتنا الطبيعية والبشرية، والتي سنوجز أهم أثر لهذا العامل في حياتنا اليومية(1).

(1) Smith, K.; Principles of Applied Climatology, John Wiley and Sons, London. 1975, PP. 16-42, 50-130, 170-191.

1. المناخ ودورة المياه.
2. المناخ والتربة.
3. المناخ والغطاء النباتي.
4. المناخ والحيوانات البرية والأليفة.
5. المناخ وجسم الإنسان.
6. المناخ والسكن وفن العمارة.
7. المناخ وملبس الإنسان وراحته.
8. المناخ والنقل.
9. المناخ والزراعة.
10. المناخ والصناعات التجارية وبعض الأعمال الهندسية.
11. المناخ والمعارك الحربية.

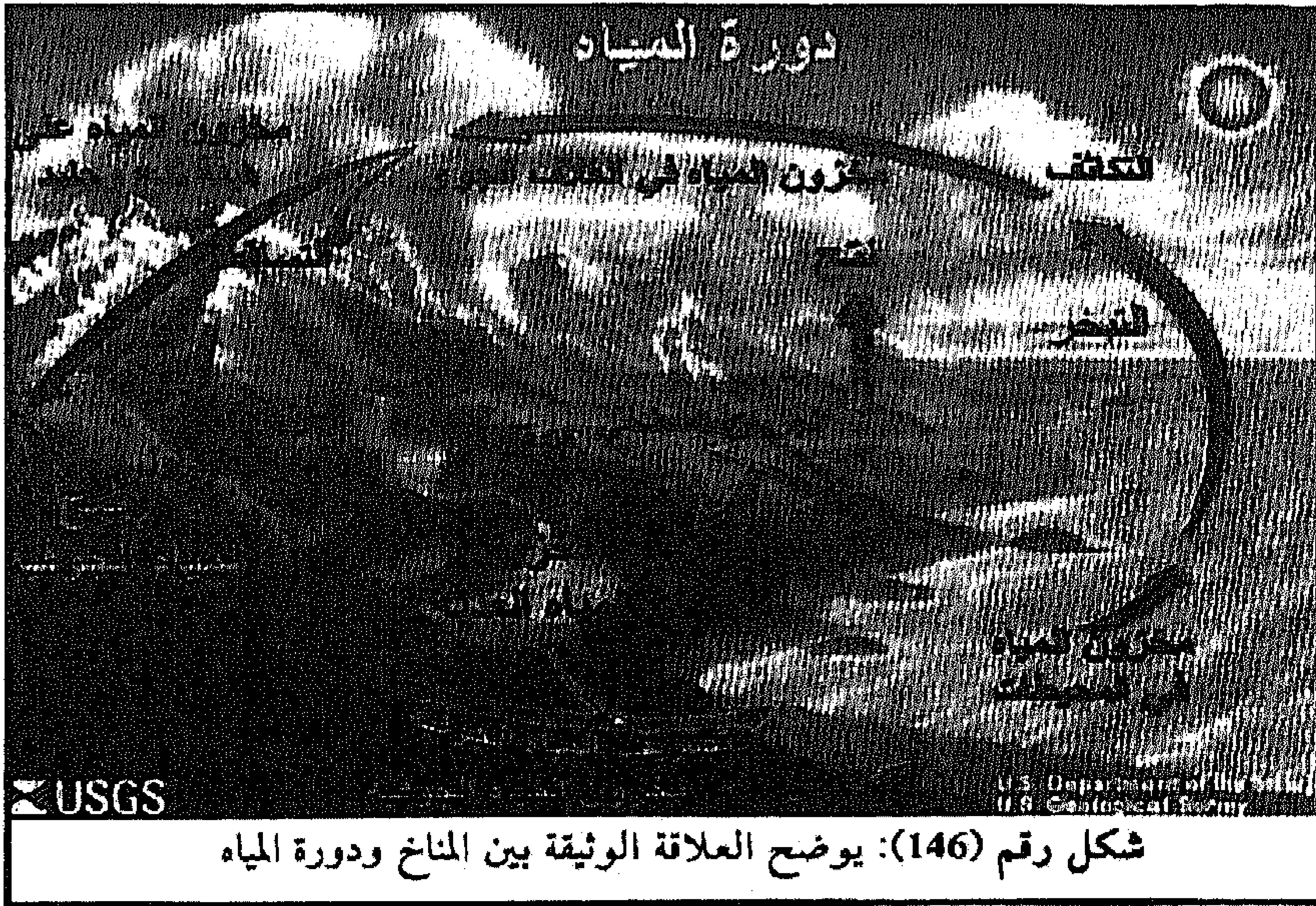
المناخ ودورة المياه

هناك علاقة وثيقة بين العامل المناخي ودورة المياه في البيئة، فعند التطرق لدراسة المورد المائي في منطقة ما فلا بد من دراسة مناخ تلك المنطقة دراسة شاملة، بحيث يتعرف الباحث على نظام التساقط السائد فيها من حيث كمية المطر أو الثلج أو البرد، وتجمعه فوق القمم الجبلية وموعد ذوبانه، وأثر كل ذلك في طبيعة انسياب المياه فوق السطح، أو تسربها في الطبقات تحت السطحية. ثم دراسة الرطوبة المختزنة في التربة وحساب كميات المياه المفقودة بواسطة التبخر أو النتح، ومعرفة ما إذا كانت المنطقة تتعرض لمختلف أنواع الأعاصير المدارية أو الترنادو، أو العواصف الرعدية ذات الأمطار الغزيرة.

وتؤثر الظروف المناخية ومواعيد التساقط، وذوبان الثلوج في تذبذب

حجم التصريف المائي للمجاري النهرية، وفي اختلاف مناسيب المياه في البحيرات، بل وفي تكوين المجاري النهرية الدائمة الجريان أو تلك المتقطعة الجريان. كما تؤثر في مدى تدفق مياه الينابيع واختلاف حجم المياه المتجمعة في خزاناتها الجوفية خلال أشهر السنة المختلفة، وفي حجم التصريف المائي من الينابيع.

وعليه، فإن دورة المياه سواء السطحية منها أو الجوفية لمنطقة ما؛ هي نتيجة للظروف المناخية السائدة في تلك المنطقة، سواءً من الماضي البعيد (جيولوجيا) أو الوقت الحالي.



شكل رقم (146): يوضح العلاقة الوثيقة بين المناخ ودورة المياه

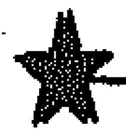
ويظهر تأثير المناخ في دورة المياه في الطبيعة، إذا ما علمنا أن مقدار ما يتبخر من البحار والمحيطات يومياً هو 875 كم^3؛ ويعود من هذه الكمية في أشكال مختلفة للتساقط ما مقداره 775 كم^3 يومياً إلى المحيطات، أما الباقي وهو 100 كم^3 فتحمله الرياح على هيئة بخار الماء، كما يفقد سطح اليابس ما مقداره 160 كم^3 من الماء يومياً على هيئة بخار أيضاً. وفي نفس الوقت يستقبل هذا

اليابس ما مقداره 260 كم3 على هيئة أمطار وثلوج وبرد. وهي مجموع ما فقده اليابس، بالإضافة إلى ما حملته الرياح من مياه المحيط على هيئة بخار، بحيث تعود هذه الأخيرة إلى الأنهار والبحار والينابيع، على كل مياه متسربة من الأرض. وهذا يبين قدرة الله عز وجل على توازن الدورة المائية، والغلاف الغازي بشكل غاية في الدقة والاتزان(1).

المناخ والتربة

تتطور التربة وتنمو لفترة طويلة من الزمن ما بين 40-100 سنة؛ حتى تتصف بأنها تربة ناضجة. وما أن تصل لهذه المرحلة، حتى تكون قد اتصفت بالسمات المناخية والنباتية للإقليم الذي توجد فيه، بغض النظر عن الصخور التي ترتكز عليها. وليس هذا بالشيء المستغرب، لأن عوامل الطقس والمناخ هي المسئولة عن المواد العضوية في التربة؛ بينما تتوقف عمليات الرشح وتغذية التربة بالكالسيوم، على درجة الحرارة وكمية الأمطار. كما أن المناخ يتحكم لحد كبير في نشاط البكتيريا في التربة. والأمثلة على ذلك كثيرة. ففي بلد كالأردن مثلاً وبالرغم من أن التكوينات الصخرية المحلية التي ترتكز عليها التربة في المرتفعات والبادية، إلا أننا نجد تدرجاً في التربة، من تربة البحر المتوسط الحمراء، إلى تربة البحر المتوسط الصفراء، ثم إلى التربة الصفراء في الهامش الصحراوي (المنطقة الانتقالية بين المرتفعات والبادية)؛ ثم التربة الرمادية الصحراوية في إقليم البادية، نتيجة لتدرج كمية الأمطار والغطاء النباتي، ورطوبة التربة ونشاط البكتيريا والجفاف والحرارة إلى غير ذلك. وما يقال عن وضع التربة في الأردن، يمكن تتبعه في توزيع التربة في الاتحاد السوفييتي من الغرب في لينغراد حتى كييف، ومن

(1) Oliver, J. E. Climate and Man's Environment, John Wiley and Sons, London, 1973, PP. 11-44.



ثم إلى فرغانة. كما يلاحظ تأثير الحرارة على تربة البودزول في الغابات الصنوبرية وتربة الأشجار النفضية بأمريكا الشمالية، حيث تتحلل أوراق الأشجار النفضية، لارتفاع درجة الحرارة في الثانية، وعدم تحللها في الأولى لانخفاض الحرارة فيها. وما يقال عن هذه الترب. يقال عن تربة اللاتريت (الطوبية الحمراء)، التي تنشأ تحت الغابات الاستوائية في جميع أنحاء العالم بنفس الخصائص، والمكونات نتيجة للأمطار الغزيرة والغسل المستمر لهذه التربة، وارتفاع درجة الحرارة والرطوبة، إلى غير ذلك، ولا ننسَ أن التربة هي أحد الموارد الطبيعية في البيئة؛ والتي لا غنى عنها سواءً في التخطيط الزراعي أو الغابي أو السكني[1].



شكل رقم (147): يوضح توزيع أنظمة رطوبة التربة في العالم

(1) Mather, J. R.; OP. Cit. 13-22.

المناخ والغطاء النباتي

يمثل الغطاء النباتي بأنواعه المختلفة، صورة حقيقية لنوع المناخ السائد في أي منطقة من سطح الكرة الأرضية. إذ تؤثر الظروف المناخية تأثيراً في تشكيل هذا العنصر الطبيعي في البيئة، وفي تباين الغطاءات النباتية من مكان لآخر على سطح كوكبنا الأرضي.

فلو نظرنا إلى خريطتين لفلسطين إحداهما تمثل توزيع الأقاليم المناخية، والأخرى تمثل توزيع الأقاليم النباتية فيها، لوجدنا أن هناك تطابقاً وتشابهاً كبيرين بين هاتين الخريطتين.

إذ تغزر الأمطار فوق المرتفعات والتي تكثف فيها نسبياً الغابات الطبيعية والمزروعة؛ بينما تتدرَّج إلى الشجيرات القصيرة حتى تدخل إلى إقليم السفوح الشرقية والمطلة على الغور، والذي اختفت فيه كل أشكال الغطاء النباتي الطبيعية ما عدا المحميات الطبيعية التي حددت فيه مع مسارب الأودية التي تخترقه نحو الغور الغربي.

كما تتفق أبعاد نطاقات الغابات الاستوائية مثلاً مع الأقاليم المناخية الاستوائية. حيث تكثف الغابات الاستوائية في البرازيل بحوض الأمازون، وتعلو الأشجار الضخمة (لنحو 75 متراً)، وتتشابك أغصانها وتتسم بسرعة نموها، بينما تقل كثافتها وتتباعد عن بعضها، مع انخفاض كمية الأمطار السنوية الساقطة، خاصة في العروض المدارية. أما في المناطق الباردة والمعتدلة الباردة، فإن كثافة الغطاءات النباتية هنا، تتأثر بشكل كبير بدرجة الحرارة والهواء. وإذا ما انخفض متوسط درجة الحرارة الشهرية عن الصفر المئوي، فإنها تعد غير ملائمة لنمو النباتات الطبيعية. وعليه، أكد الباحثون على أن النباتات الطبيعية تتأثر بصفة رئيسة باختلاف كميات الأمطار اليومية الساقطة في العروض المدارية، وبالاختلاف الفصلي لدرجات الحرارة في العروض المعتدلة الدفيئة والباردة.

ولكن ينبغي ألا ترتفع درجة حرارة الهواء عن الحد الأقصى اللازم لنمو النبات، وألا تعرض النبات للذبول والهلاك. كما يتأخر نمو النباتات الطبيعية مع الارتفاع. وكلما بعدنا شمالاً أو جنوباً من الدائرة الاستوائية. وعليه، فكل نوع من الأنواع النباتية طبيعية كانت أو زراعية، ظروفاً مناخية خاصة لا بد من توافرها لكي ينمو نموه الطبيعي. وقد لا تتوفر بعض هذه الظروف في بيئة معينة أو فترة محددة من العام؛ وعندئذ يتحور النبات بشكل ما لكي يتغلب على هذا النقص، والأمثلة على ذلك كثيرة لخصائص بعض النباتات في مناخ البحر المتوسط (جذور طويلة، أوراق شمعية، أو شوكية... الخ) أو النباتات المتسلقة في الغابات الاستوائية، للحصول على أكبر كمية من الضوء، أو الأوراق العريضة للتخلص من العصارة الزائدة، عن طرق النتح لوفرة الأمطار في المناطق الاستوائية[1].

المناخ والحيوانات البرية والأليفة

تختلف أنواع الحيوانات وتوزيعها على سطح الأرض، باختلاف المناخ. وقد يكون هذا التأثير مباشراً أو غير مباشر. ويكاد يكون لكل إقليم مناخي حيواناته وطيوره الخاصة؛ بل تضطر الحيوانات البرية بأنواعها المختلفة، للقيام بالهجرة الفصلية تبعاً لتغير الظروف المناخية، كهجرة الطيور وغزلان الرنة والكاريبو من المناطق الباردة إلى المناطق الدفيئة خلال العام، وكهجرة غزلان النو الإفريقية في محميات كينيا الطبيعية من منطقة لأخرى. وإذا لم تستطع الحيوانات القيام بالهجرة الفصلية؛ فإنها تتخذ من الفصول الباردة فترة راحة لها خاصة ذوات الدم البارد Cold Blooded Animals. أما الحيوانات ذات الدم الدافئ

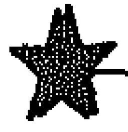
(1) Odum, E.; Fundamentals of Ecology, 3rd. Sounders College Publishing, 1970, PP. 50-83.

Warm Blooded Animals فهذه تستطيع أن تولد حرارة أثناء قيامها بالحركة، وتفقد قوتها إذا ما تعرضت للحرارة المرتفعة حداً، وتنظم درجة الحرارة الداخلية بأجسامها عن طريق إفراز العرق.

هذا ويلاحظ أن حشائش المراعي الطبيعية، لها تأثير على تنوع الحيوانات التي تعيش عليها. ففي مناطق حشائش السافانا في العروض المدارية تسود حرفة رعي الماشية، بينما تسود في سهول الاستبس الآسيوية حرفة رعي الخيول وتربية الضأن. أما في المناطق الصحراوية الحارة ذات الحشائش القصيرة والمتباعدة، فتسود حرفة رعي الجمال والماعز، كما تسود حرفة رعي الأغنام والماشية، في سهول المناطق المعتدلة كالسهول الوسطى في أستراليا والسهول الوسطى (البمباس) بالأرجنتين، وسهول البراري في الولايات المتحدة الأمريكية ونيوزيلندا. كما تسود تربية غزلان الرنة والكاريبو في المناطق القطبية بأوراسيا وشمال أمريكا الشمالية. بالإضافة إلى الحيوانات البرية كالدببة القطبية والذئاب والثعالب ذات الجلود السميكة والفراء الثمين.

وقد أكدت نتائج الأبحاث العلمية بأن الأبقار التي تربى في الأقاليم المعتدلة الباردة والدفيئة؛ تعد أعظم حجماً ووزناً من تلك الأبقار، التي تربى في المناطق المدارية. كما أن أغنام المناطق المعتدلة الباردة تحمل عادة من اللحم والدهن والصوف، بما يفوق أضعاف تلك التي تربى في المناطق الحارة شبه الجافة. حتى أن الدواجن التي تربى في مزارع المناطق المعتدلة الباردة، تعد أكبر حجماً وأثقل وزناً نسبياً من تلك التي تربى في مزارع المناطق الحارة[1].

(1) Weisberg, J. S.; OP. Cit, PP. 6-21.





صورة رقم (24): توضح هجرة غزلان النو في المحميات الطبيعية جنوب غرب كينيا عند عبورها لنهر مارا .

كما تؤثر الظروف المناخية كذلك على كمية الألبان المنتجة من حيوانات الألبان. فقد تبين أنه إذا ما ارتفعت درجة الحرارة عن 27م، فإن الماشية تتناقص أوزانها وتقل أحجامها؛ وبالتالي ينخفض إنتاجها اليومي من الألبان. ففي سنغافورة عملت تجارب على بقر هلشتين Holstein فوجد أن المجموعة الأولى التي وضعت في حظائر تحت درجة حرارة 20م، تدر البقرة الواحدة يومياً 24 رطلاً من اللبن، بينما وجد أن المجموعة التي تركت في العراء حيث درجات الحرارة أكثر ارتفاعاً؛ أن البقرة الواحدة تعطي 9 أرطال فقط. كما لوحظ أن البقرة الواحدة في ألمانيا الغربية، تعطي في المتوسط سنوياً نحو 6 آلاف لتر من الحليب، وهذا رقم قياسي بالنسبة لإنتاج الأبقار سواءً في فلسطين أو بقية أقطار الوطن العربي، الذي تشكو أسواقه من نقص أو عجز في إنتاج هذه المادة الطازجة محلياً. كما لوحظ من الدراسات العلمية بهذا الصدد، إن بعض الأبقار والماشية قد تفقد قدرتها على التكاثر، إذا ما انتقلت إلى أقاليم مناخية أخرى تختلف ظروفها المناخية، عن تلك السائدة في أقاليمها الأصلية. كما أن حجم

البيض يكون أكبر في العروض العليا عنه في العروض المدارية، ويزداد حجمه في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف (هذا مع مراعاة أن يكون النوع واحداً). (فايد: ص142).

المناخ وجسم الإنسان

للمناخ أثره في جسم الإنسان من جوانب عدة، فهو يؤثر في لون بشرته وشكل شعره ولونه وفتحة الأنف ولون العينين وشكلها. كما يؤثر في حياة الإنسان الاجتماعية وفي نشاطه واستغلاله لموارد بيئته. ومن أمثلة أثر المناخ في بعض النواحي الفسيولوجية للإنسان، أن المناخ الحار الجاف يساعد على نشاط الغدد العرقية. كما أن ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء وانخفاض الضغط الجوي تؤدي غالباً إلى ارتفاع ضغط الدم، وازدياد ضربات القلب والصداع، لدى الأفراد ذوي الحساسية لتغير الضغط[1]. إذ يحافظ جسم الإنسان دائماً تحت الظروف الصحية العادية، على درجة حرارة ثابتة وهي 37م (98.6 ف)[2]. وهي عبارة عن التوازن الذي ينظمه الجسم بين الحرارة المكتسبة والحرارة المفقودة، ويمثل الطعام الذي يتناوله الإنسان المصدر الرئيس لهذه الحرارة. وتؤدي حركة عضلات الجسم إلى توليد الحرارة أيضاً. ولا بد لكل هذه الحرارة أن تفقد وإلا ارتفعت حرارة الجسم إلى حد غير مرغوب فيه.

ولا يتوقف شعور الإنسان بالراحة على الحرارة فقط، وإنما على عوامل أخرى مثل حركة الهواء ودرجة الرطوبة، ففي وقت تكون فيه الرطوبة النسبية 40٪، قد تكون درجة الحرارة 25م ملائمة لجسم الإنسان؛ بينما مع درجة حرارة

---

(1) د. محمد جمال: الطبيعة الجوية، القاهرة، 1962م، ص 292-293.

(2) Light, S.; ed.; Medial Climatology, New Haven, Conn, E. Licht Publishers, 1964, PP. 18-65.

20م ورطوبة نسبية تصل إلى 80٪ يصبح الإنسان أقل ارتياحاً. كما لا ننس أن الهواء الحار إذا كانت رطوبته منخفضة جداً، فإنه لا يلائم جسم الإنسان، حيث إن الجفاف الشديد يؤذي الجلد ويؤدي إلى تشققه، وإلى جفاف الأنف والحلق ويزيد من قابلية الإنسان لنزلات البرد.



صورة رقم (25): توضح الصورة رجلين أحدهما قوقازي والآخر استرالي أصلي

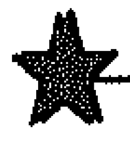
كما تؤدي قلة التعرض لأشعة الشمس، إلى الإصابة ببعض الأمراض الفسيولوجية، كالأنيميا ولين العظام وتسوس الأسنان وعسر الهضم. ولهذا تتعرض جماعات الأسكيمو في العروض القطبية لتلك الأمراض، نظراً لقلة كميات الإشعاع الشمسي الواصلة لتلك العروض على مدار العام؛ بسبب طول المدة التي تختفي فيها الشمس تدريجياً نحو القطب. وعليه تقام المصحات وحمامات الشمس في المناطق الجبلية المرتفعة، حيث يكون الجو نقياً صافياً، ومن ثم تستطيع أشعة الشمس وخاصة الأشعة فوق البنفسجية منها، أن تصل إلى سطح الأرض.

كذلك يعتبر النضج الجنسي المبكر لدى السكان في المناطق الحارة، إذا ما قورن بسكان المناطق المعتدلة الباردة والدفيئة أثراً فسيولوجيا للمناخ الحار.

المناخ والسكن وفن العمارة

يعتبر المسكن من النواحي المهمة التي تتأثر بالمناخ وظروفه السائدة. ومن القواعد العامة التي عرفت منذ مدة طويلة، أنه من الأفضل أن تقام المدن في المناطق التي تهب منها الرياح، وليس في المناطق التي تهب إليها الرياح. ويهتم المهندس المعماري عند تصميم نماذج المسكن اليوم، باختيار مواد البناء من البيئة المحلية، والعناية بدراسة الضوء وحرارة الهواء والتهوية والرطوبة داخل غرف السكن؛ بالإضافة إلى المشكلات التقليدية اللازمة عند بناء المنزل، مثل الإضاءة والمياة والصرف الصحي وارتفاع المسكن، وشكل فتحات نوافذه ومدى اتساع شرفاته. وتبعاً لارتفاع أسعار أراضي في المدن الكبرى قد يضطر الإنسان إلى بناء ناطحات السحاب Sky Scrapers كما هو الحال في مدن نيويورك وفيلادلفيا وشيكاغو ويلاحظ أن لمباني ناطحات السحاب أربعة أوجه، وبالتالي تتنوع الظروف الطقسية التي تتمثل عند كل وجه منها.

كما يختلف تصميم نماذج بناء المساكن، في المناطق التي يسقط فوقها كميات كبيرة من الأمطار والثلوج؛ حيث تكون الأسقف هرمية الشكل، عن تلك التي تتمثل في المناطق الحارة الجافة، حيث تكون الأسقف مستوية الامتداد. ويلاحظ أن المساكن في المناطق المعتدلة والمعتدلة الباردة تتباعد بعضها عن البعض الآخر، كما أن شوارعها واسعة تسمح بدخول أكبر قسط من الأشعة الشمسية للمنزل. أما في المناطق الحارة الجافة، فتكون المساكن متقاربة الظلال. وعليه تستفيد من هذا التصميم، الأدوار السفلى من المسكن في المناطق الاستوائية والحارة الجافة لأنها غير معرضة للشمس كالأدوار العليا مباشرة.



ولذلك يعمل المهندس المعماري عند تصميم المسكن، الأخذ بعين الاعتبار المناخ المحلي السائد في المنطقة، فهو يركز على اختيار الموقع المناسب، لبناء المنزل، واختيار أنسب اتجاه ليكون واجهة المسكن، وذلك تبعاً لزاوية سقوط الأشعة الشمسية، واتجاه هبوب الرياح وتنوع الطقسية للمكان. وذلك تبعاً لزاوية سقوط الأشعة الشمسية، واتجاه هبوب الرياح وتنوع الطقسية للمكان. وبناء على هذه الظروف الطقسية مجتمعة، يتوقف شكل التصميم الملائم لفتحات الشبابيك وأنواع الزجاج، الذي يشترط استخدامه في تنفيذها، لكي يزيد أو يقلل من دخول الأشعة الشمسية داخل المنزل[1]. ولا يقتصر الأمر على بناء المسكن فقط، بل يتعداه عند تخطيط المدن الجديدة واختيار مواقعها المناسبة، بحيث يؤخذ في الاعتبار المناخ المحلي للمنطقة المختارة.ودراسة مدى تأثر هذا الموقع بالرياح المحلية ونسيم البر والبحر ونسيم الجبل والوادي أو بمدى حدوث الضباب وتعرض المنطقة للأعاصير والمنخفضات الجوية.وبمدى تنوع درجة حرارة الهواء فوق أجزاء الموقع المختار تبعاً للتنوع في الارتفاع عن سطح البحر.

ولا شك في أن كل هذه المعلومات تهم المهندس المعماري، الذي يقوم بهذه المهمة. فقد أوضح الأستاذ ميتشيل Mitchell[2] 1962 بأن المدن الكبرى، قد تكون هي العامل المغير في حالة المناخ للمدينة Urban climate. فينتج عن كثرة عدد سكان المدينة، وتعدد مصانعها وكثرة السيارات في شوارعها والمداخن

(1) World Meteorological Organization, Building Climatology Technical Note, 109, Geneva, 1970, PP. 65-110.

(2) Michel, J.M. Jr.; The Thermal Climate of Cities in Air Over Cities, Symposium Report A. Troft Samitary Eng. Center, Tech. Report A 62-65, 1962.

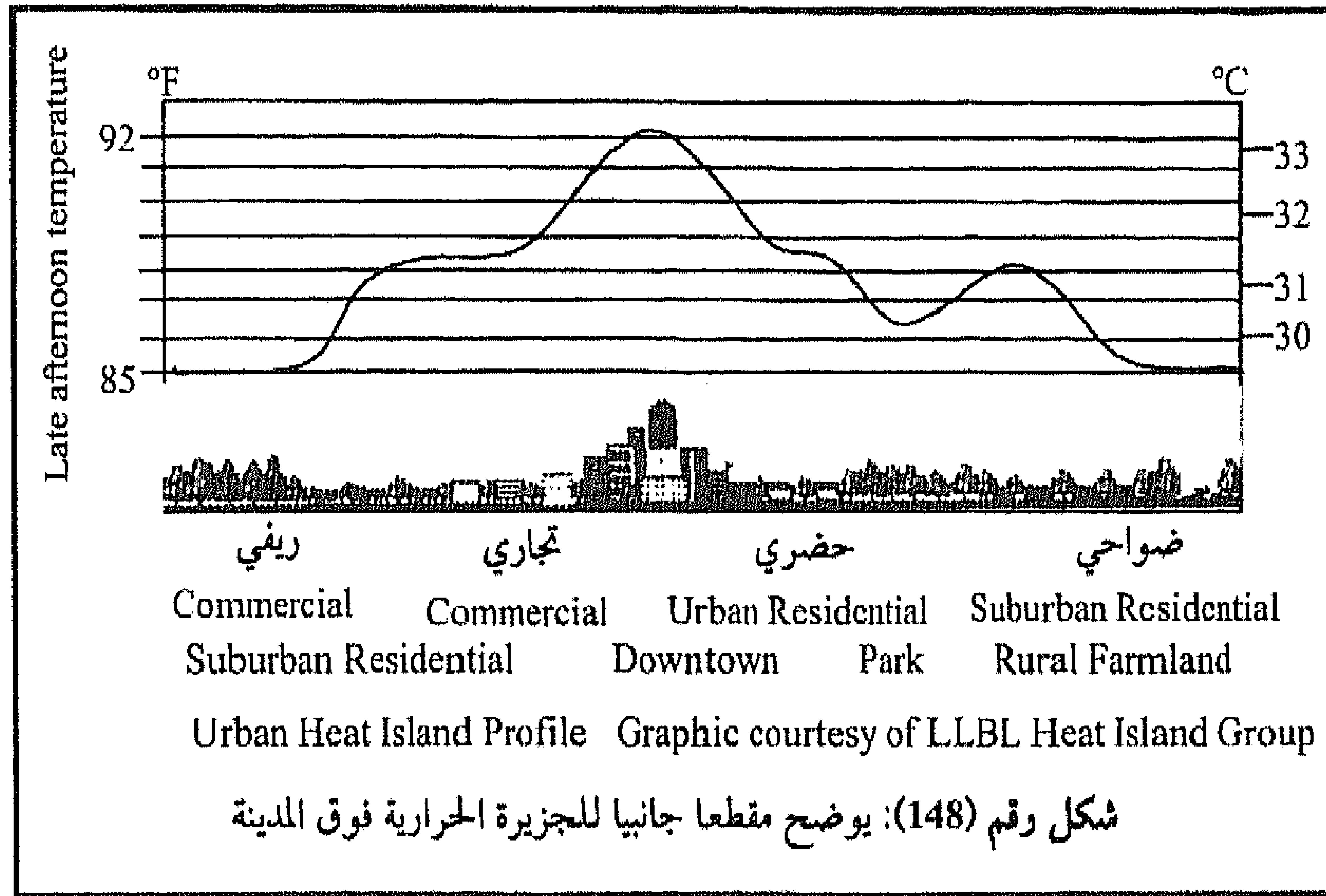
التي تتوج مبانيها، أن تزداد درجة تلوث الهواء بالأتربة والدخان والغازات؛ وبالتالي ترتفع درجة حرارة الهواء فوق المدينة بصورة أكبر من تلك المناطق المجاورة لها (المناطق الريفية). وهكذا يتكون ما يسميه الأستاذ ميتشيل بالجزر الحرارية Heat Island. كما أوضحت دراسات لاندسبيرج landsperg عام 1950م[1] أن معدل الحرارة التي رصدها خلال شهر آب أثناء فترة ما بعد الظهر، وعند المساء لمدينة واشنطن عاصمة الولايات المتحدة الأمريكية، أربع ملاحظات تتعلق بالمناخ التفصيلي أو المحلي لهذه المدينة وهي:

1. تمتص جدران المنازل الإشعاع الشمسي بسهولة.
2. يعدل مجرى النهر الذي يخترق وسط المدينة من درجة حرارة الهواء.
3. تعمل المناطق المرتفعة من المدينة على انخفاض درجة حرارة الهواء الممثل فوقها خاصة خلال فصل الصيف.
4. تنخفض درجة حرارة الهواء في المناطق التي تغطيه الغابات، بالقرب من أطراف المدينة، وذلك لتأثير ظلال الأشجار Shades وبفعل عمليات التبخر والنتح Evaportranspiration.

كما درس باحث آخر يدعى نيكولاس Nicholas عام 1971م، معدلات درجة حرارة مدينة واشنطن، خلال فصلي الشتاء والصيف لمدة 20 عاماً،وبين العلاقة بين تأثير المناطق الصناعية والسكنية والجبلية والغابية، بأشكال خطوط الحرارة المتساوية الفصلية فوق المدينة ثم عالج بعد ذلك أثر كل من الرطوبة

(1) Landsberg, H. E.; The Assessment of Human Bioclimatic Technical Note, 123, Geneva, World Meteorological Orgnization, 1972.

والحرارة وتلوث الهواء فوق مدينة واشنطن وأثر ذلك في الصحة العامة لسكان هذه المدينة[1].

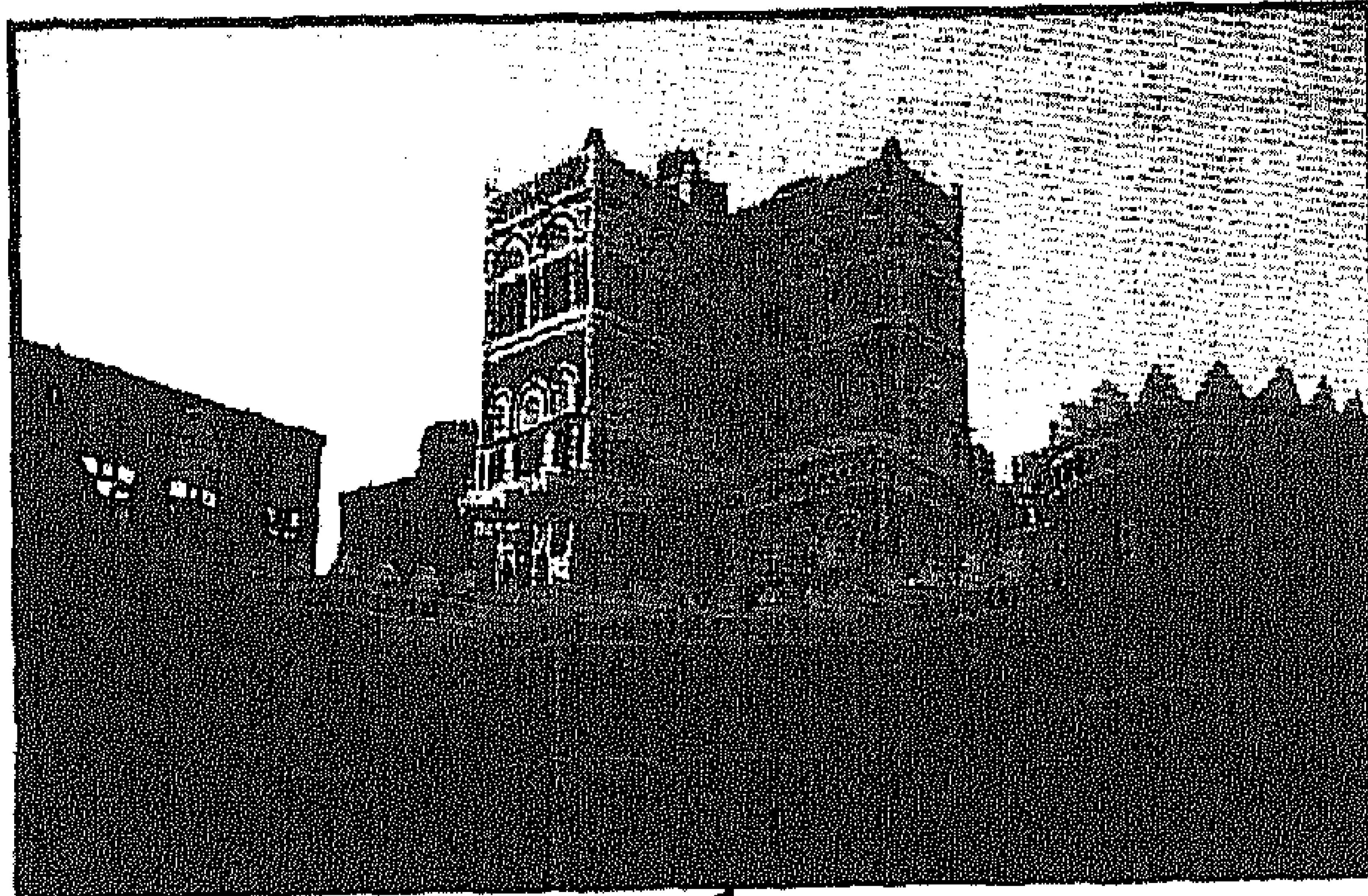


شكل رقم (148): يوضح مقطعا جانبيا للجزيرة الحرارية فوق المدينة

وتعد المدن الكبرى في عالمنا العربي، مثل القاهرة والإسكندرية وعمان والكويت، وبغداد ودمشق والرياض والجزائر، ووهران وبيروت في حاجة ماسة لدراسات تفصيلية تتعلق بمناخها المحلي، ويحتاج الباحث للمناخ المحلي في كل منها أن تتوافر فيها محطات رصد جوية مؤقتة في كل منها، لرصد وتسجيل ما يحدث فيها من تغير في الأحوال الطقسية، لفترة زمنية محددة، بحيث يحدد خصائص وسمات هذا المناخ التفصيلي لكل منها والعوامل الجغرافية التي تؤثر فيه.

(1) Nicholas, F. W.; The Changing From of the Urban 131-145 Heat Island of Metropolitan Washington, Tech Papers, American Congress on Serving and Mapping, Annual, Meating March 7-12, Washington.

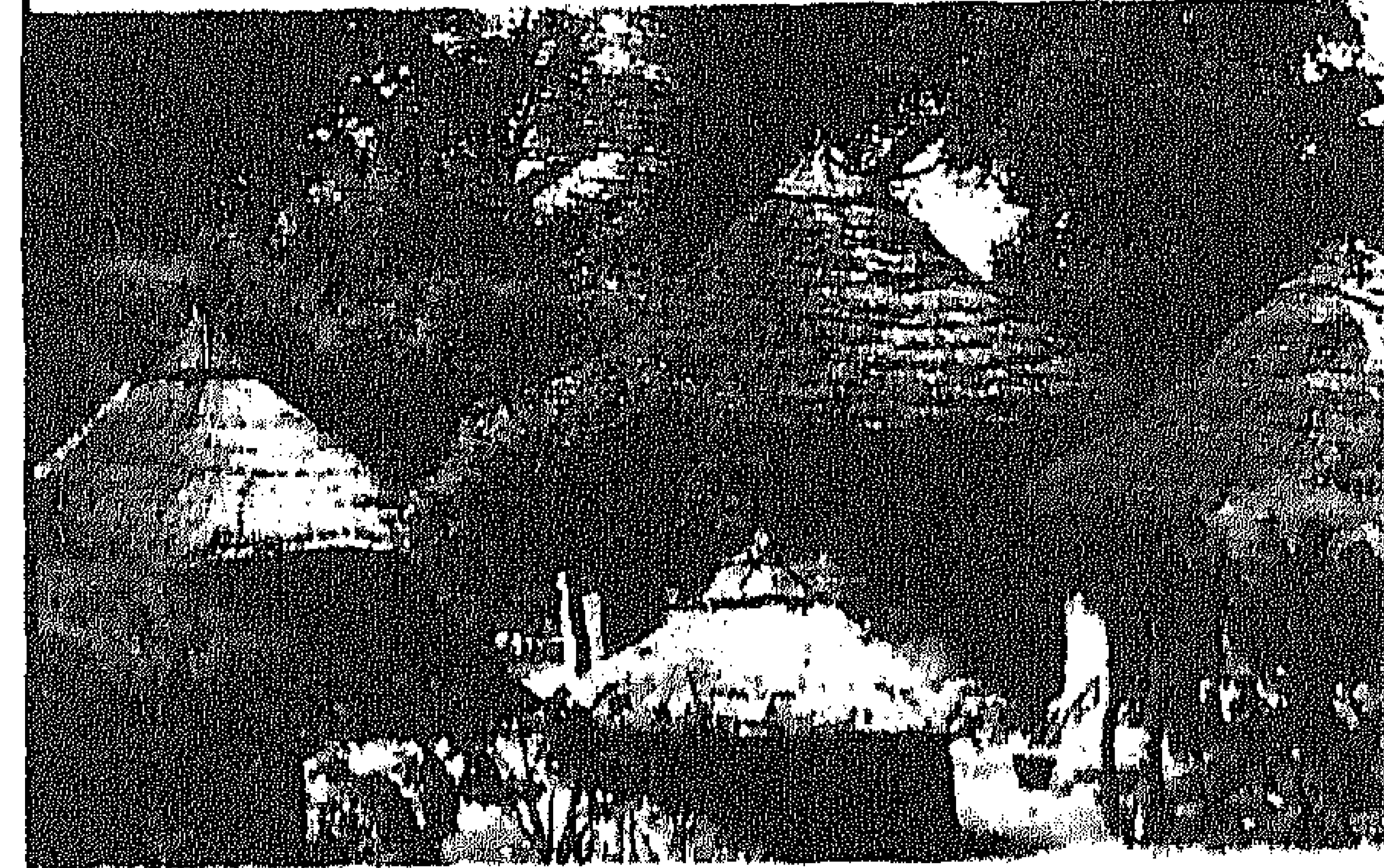




مسكن يمني



مسكن اوروبي



مسكن افريقي

صورة رقم (26): توضيح لثلاثة انماط لمساكن يمنية، أوروبية وإفريقية

المناخ وملبس الإنسان وراحته

لقد منح الله سبحانه وتعالى جسم الإنسان قدرات تمكنه من تنظيم درجة الحرارة داخل جسمه، فجسم الإنسان تتولد فيه الحرارة عند قيامه بأنواع الأنشطة المختلفة يومياً. فعندما ترتفع درجة حرارة جسم الإنسان، يخرج العرق لينظم درجة حرارته، وتبعاً لاختلاف درجة حرارة جسم الإنسان Homo Thermy عن درجة حرارة الهواء المحيطة به، يلبس الإنسان الملابس الثقيلة الداكنة اللون شتاءً، والملابس الخفيفة الواسعة الفاتحة اللون صيفاً. وعند صنع هذه الملابس يراعي المختصون اختيار الألياف الطبيعية والصناعية المناسبة للظروف الطقسية، بحيث تساعد هذه الألياف على تنظيم عمليات التبادل الحراري بين جسم الإنسان والهواء المحيط به[1].



صورة رقم (27): رجل إفريقي يرتدي الملابس الجلدية الخفيفة

(1) World Metrological Organization, A Survey of Human Biometeorology, Technical Note 65, Geneva, 1964.



صورة رقم (28): صورة توضح لبس الفراء عند الأسكيمو

إنها تعمل على تقليل فقدان الجسم لدرجة حرارته في أوقات البرودة، ومساعدة جسم الإنسان على التخلص من الحرارة الزائدة في الأوقات الحارة. وفي المناطق التي تتعرض دائماً لهبوب الرياح المحملة بالرمال، كما هو الحال في شمال غرب الصحراء الكبرى، يضع أفراد قبائل الطوار ألثمة من الأقمشة فوق أنوفهم وأفواههم، وقاية لهم من الأتربة والرمال الدقيقة الحجم التي تلوث الجو أثناء هبوب العواصف الرملية. وعليه، اهتم علماء المناخ التطبيقي حالياً بدراسة أثر الظروف الطقسية على راحة الإنسان Human Comfort، فقد عني هؤلاء العلماء بدراسة التغير اليومي، في درجة الحرارة والرطوبة النسبية وحركة الرياح أو سكون الهواء، وأثر كل ذلك على راحة الإنسان ومزاجه ونشاطه. ومن بين هذه الدراسات تلك الدراسة التي قام بها تيرجونج Terjung عام 1966[1]،

(1) Terjung, W. H.; Physiologic Climates of the United States, A Bioclimatic Classification Based on Man Ann. Ass. Amer. Geographer, Vol. 56, No. 1967 PP. 141-179.

حيث قسم أرض العالم إلى أحد عشر إقليماً مناخياً Bioclimatic Regions، وذلك بناءً على اختلاف نسبة الرطوبة والمتوسط الشهري لدرجة الحرارة. وتعد أنسب هذه الأقاليم لراحة الإنسان وعظم قدرته على العمل حسب دراسته؛ هو ذلك الإقليم الذي يتصف بمعدل درجة حرارة 68° ف ومعدل رطوبة نسبية 70٪. أما الأقاليم الباردة فينخفض فيها المعدل الشهري لدرجة الحرارة عن 35°ف، والأقاليم شديدة البرودة جداً (القطبية). فهي التي ينخفض فيها المعدل الحراري عن -4° ف. كما رجّح الأستاذ ماذر[1] Mather على أن هجرة الإنسان القديم من أواسط آسيا، إلى شمال أمريكا الشمالية، وإلى جنوب غربي آسيا وأفريقيا خلال فترات ما قبل التاريخ؛ إنما تعزى للظروف المناخية التي تلائم راحته ومزاجه وقدرته وإقباله على العمل.

المناخ والنقل

لاشك أن المناخ يعد من أهم العوامل الطبيعية المؤثرة في النقل بأنواعه المختلفة. فتتأثر حركات النقل البريه والبحريه والنهريه والجوية والبحرية بالظروف المناخية المتنوعة. فمن الضروري لسلامة الملاحة الجوية أن يكون الملاح الجوي، على معرفة تامة بالتغيرات الطقسية أثناء عمليات الطيران الجوي. إذ يهتم الملاح الجوي، بمعرفة الخصائص الطقسية في الطبقات السفلى والعليا من الغلاف الجوي. كما يتزود ببيانات الطقس المتلاحقة من خلال محطات الرصد الجوي على سطح الأرض. وذلك لتأمين سلامة حركات الطيران الجوي، وتجنب الطيران في المناطق المعرضة لحدوث الأعاصير والسيئة الرؤية.

فعند اختيار مواقع المطارات، يهتم المهندسون باختيار مناطق لا تتعرض

(1) Mather, J. R.; OP. Cit.

لحدوث الضباب بكثرة، ولا تتأثر بحدوث الزوابع والأعاصير أو لأخطار سقوط الثلج. كما يجب ألا تتعرض أرض المطار للسيول الجارفة أو الفيضانات المدمرة.

كما يجب على الملاح البحري المعرفة التامة فيما يتعلق بظروف الطقس عند قيامه برحلاته البحرية. كمعرفة اتجاه الرياح وسرعتها والكتل الهوائية الواقعة على طول خط الملاحة البحري، ومعرفة موعد حدوث الأعاصير والمنخفضات الجوية، ومرور أسطح الجبهات الهوائية المختلفة، ثم أثر كل ذلك على حالة البحر، ومدى ارتفاع الأمواج وبالتالي سلامة سفينته.



صورة رقم (29): توضح تأثير تراكم الثلوج في الطرقات على وسائط النقل المختلفة

هذا وقد يتعذر خروج السفن من الميناء أو الدخول إليه، في حالة حدوث العواصف وارتفاع أمواج البحر، كما قد يتعذر على السفن الملاحة في المحيطات القطبية، إذا ما تعرضت مياهها السطحية للتجمد. فتجمد مياه الأنهار والخلجان



والموانئ في كندا، كنهر السنت لورنس يؤدي إلى تعطل الملاحة سواءً كانت نهرية أو بحرية[1].

كما تتأثر سلامة الحركة على طرق النقل البري، مع تغير الظروف الطقسية. فكثيراً ما ترتفع عدد حوادث السيارات عندما تهب الرياح المحملة بالرمال، على طول الطرق البرية والسكك الحديدية العابرة للصحارى، مما تؤدي إلى حجب الرؤية ووقوع الحوادث المؤسفة. وكثيراً ما ترتفع عدد حوادث السيارات عندما يشتد الضباب وتسوء الرؤية. في حين تتعرض محركات السيارات للاحتراق عندما ترتفع درجة حرارة الهواء، خلال أشهر الصيف في المناطق المدارية، وغالباً ما تقفل الطرق الجبلية في البلاد التي يتساقط فيها الثلج بدرجة كبيرة، وتسبب المياه المذابة من الثلج، ومياه الأمطار الغزيرة، على تعرض أجزاء من أرضية الطريق، لعمليات الانزلاق الأرضي، فتنهار التربة والرواسب على جوانب الطرق الجبلية الشديدة الانحدار، كطريق العدسية- عمان القدس، حينما حدث به انهيار جانبي عام 1964م نتيجة الأمطار الغزيرة وحدة الانحدار لجانب الطريق المذكور. ومن أكبر الانهيارات الأرضية الناجمة عن تشبُّع التربة بمياه الأمطار الانهيار الأرضي الذي حدث في إحدى جزر الفلبين في يوم 18/ 2/ 2006م وأدى لدفن قرية بأكملها وذهب ضحيته نحو 3 آلاف نسمة.

المناخ والزراعة

من المعروف أن المناخ بصفة عامة يحدد نوع النبات الذي ينمو في أي إقليم. وأهم عناصر الطقس والمناخ التي تؤثر في النبات، هما الحرارة والمطر. فالحرارة هي العامل الذي يحدد النطاقات العامة للأنواع النباتية. والمطر هو العامل الذي يحدد التوزيع التفصيلي للنباتات سلباً أو إيجاباً. مثل الضوء والرياح

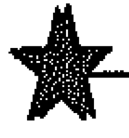
(1) Griffiths, J.F. and D.M. Driscoll, OP.Cit. PP. 331-337.

التي تؤدي زيادة سرعتها إلى زيادة حاجة النباتات للمياه. كما يؤدي الصقيع والبرد وأعاصير التيفون وأعاصير التورنادو والهاريكين على إيقاع أضرار جسيمة بالنباتات.

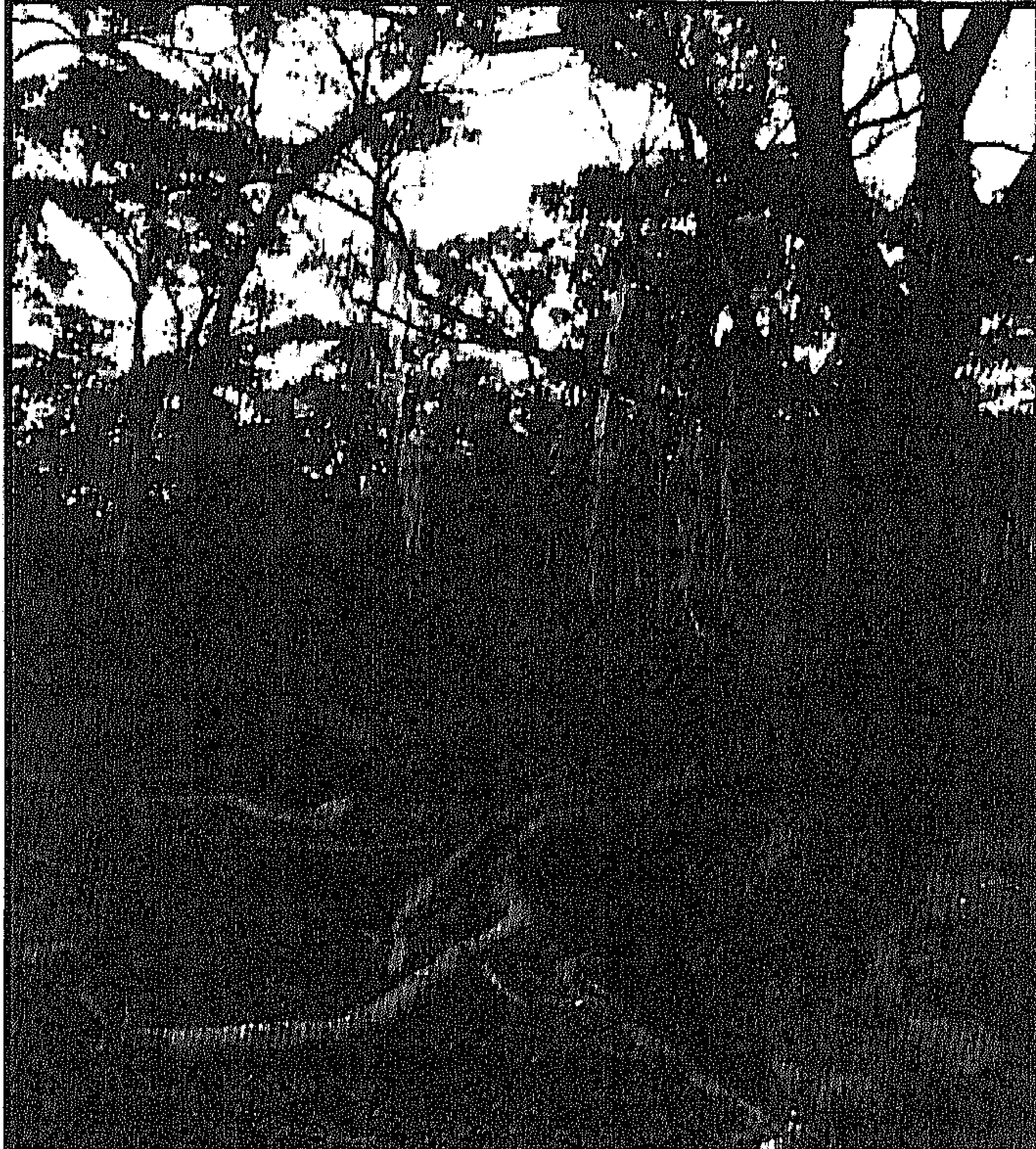
لذا ظهرت العديد من الأبحاث التي تبين العلاقة المتبادلة بين المناخ وكل ما يتعلق بالشؤون الزراعية. فظهر علم جديد هو علم الأرصاد الزراعية Agricultural Meteoroglogy وعلم المناخ الزراعي Agricultural Climatology. كما اهتمت العديد من دول العالم التي تتصف ظروفها الطقسية، بالتغير من وقت لآخر، بإذاعة وتلفزة نشرات جوية كل عدة ساعات، توضح فيها حالة الطقس المتغيرة، وذلك لخدمة المهتمين بالشؤون الزراعية Agricultural weather forecasts.

ويتناول علم المناخ الزراعي دراسة تأثير العوامل المناخية، والتي لها دور بارز في مراحل نمو النبات Phenology، وتلك التي تحدد فترات إعداد الأرض للزراعة، ومواعيد الأزهار ونضج الثمار وخصائص الدورة الزراعية(1)، وجمع المحاصيل وطرق تخزينها، ثم طرق الري ومواعيدها وأساليب الصرف. كما يهتم هذا العلم بدراسة كيفية تفادي أخطار الصقيع، الذي قد يؤدي إلى إتلاف المحاصيل الزراعية، وتحديد أسباب تعرض النبات للأمراض والآفات، ومدى تنوع هذه الآفات تبعاً لفصول السنة المختلفة. بالإضافة إلى تحديد أنسب المناطق التي يمكن زراعتها بمحصول ما، بحيث تعطي عائداً اقتصادياً مرتفعاً تحت ظروف المناخ السائدة في تلك المناطق. ويلاحظ أن كلاً من المحاصيل التي يقوم الإنسان بزراعتها تحتاج إلى درجات حرارة معينة، وكميات من الأمطار أو مياه الري المناسبة، وتختلف قيم كل من الحرارة والمطر من فصل لآخر. فمثلاً وجد أن

(1) Terjung, W. H.; OP. Cit.



القمح يتحمل حرارة صغرى ما بين صفر إلى ناقص 5 درجات مئوية. وإلى معدل حرارة يتراوح ما بين 25°-31°م. أما الحد الأقصى للحرارة التي يتحملها المحصول فتتراوح ما بين 32°-37°م.



صورة رقم (30): توضح تأثير الأمطار الغزيرة على انجراف التربة والنباتات.

أما بالنسبة للذرة والبطيخ وهما من المحاصيل الصيفية، فنجد أن الحد الأدنى للحرارة يتراوح ما بين 15° -18°م. والمتوسطة ما بين 31° -37°م أما الحد الأقصى للحرارة فيتراوح ما بين 44 و50م. (فايد: ص **139**).

وعليه كان من الصعوبة بمكان زراعة القطن في الأقاليم الباردة والمعتدلة. أو حتى زراعة المانجا وجوز النخيل والجوت والموز والمطاط في أقاليم المناخ البارد

أو المعتدل. بل أصبح لكل إقليم مناخي غلات زراعية تجود فيه زراعتها دون غيرها.

كما يظهر تأثير الظروف المناخية في مدى سرعة نمو النباتات، فبعض المحاصيل الزراعية مثل القمح، يمكن زراعته في 90 يوماً فقط، خاصة إذا ما تميزت أيام هذه الفترة بارتفاع درجة حرارتها، وبطول فترة عدد ساعات سطوع الشمس. وهكذا نجد أن لكل محصول زراعي أبعاده الأفقية على سطح الأرض، بحيث يصعب زراعته بصورة اقتصادية خارج الأقاليم المناخية التي تجود فيها زراعته. وإذا ما اضطر المزارع إلى زراعة غلات خارج نطاق إقليم زراعتها؛ فإن إنتاجها غالباً ما يكون غير اقتصادي. حيث تعظم التكلفة الإنتاجية. وقد يتميز المحصول الزراعي بقلة حجم إنتاجيته، وقلة مردود الوحدة المساحية من هذا المحصول[1].

المناخ والصناعة والتجارة وبعض الأعمال الهندسية

تتأثر الصناعة بالمناخ في نواح عدة يمكن حصرها في ناحيتين هما:

أ. اختيار موقع المصنع.

ب. تأثير المناخ على عمليات التصنيع ذاتها.

فمن حيث الموقع فهو يؤثر على المواصلات. فمثلاً إذا كانت هناك صناعة تحتاج للنقل المائي، على مدار السنة فمن العبث وقوع مصانعها في منطقة تتجمد مياهها فترة من السنة. أما سوء الأحوال المناخية في منطقة ما، فهو عامل غير مشجع لهجرة عدد كبير من الأيدي العاملة إليها. كما أن تكاليف الإنتاج تتأثر بمدى الحاجة للتدفئة وتصميم المباني، بحيث تتناسب مع المناخ المحلي السائد.

(1) Griffith, J. F. and D. M. Driscoll, OP. Cit. PP. 305-313.

كذلك تتأثر عمليات التصنيع بالظروف المناخية، ولـذلك تجهـز المصـانع بـآلات التبريد والتكييف لمواجهة الأحوال غير المرغوب فيها.

لقد استخدم الأستاذ لاندسبرج Landsberg عـام 1960[1] تعبير علـم المناخ التقني Techno Climatology. ليوضح أهمية الظـروف المناخيـة في كـثير من الشؤون الصناعية والتجارية. إذ يذكر هذا الباحث أنه عند تقـدير تكـاليف الإنتاج، لابد من الأخذ بعين الاعتبار التكاليف الناجمة عن تزايد الكلفة الخاصـة بالتدفئة شتاءً، والتبريـد وزيـادة اسـتهلاك الميـاه صـيفاً. بالإضـافة إلى التكـاليف المتعلقة بمعالجة التلوث الناجم عن الصناعة، وتلـك المتعلقـة بعمليـات التخـزين والنقل ومدى استهلاك الطاقة. وقد أطلق لاندسبرج على هذه التكاليف مجتمعة بالتكاليف المناخية Climatic costs.

أما الأستاذ راسيل Russell عام 1957[2] فقد ذكر خمسة عوامل رئيسة لهـا تأثيرها المباشر على كثير من المشاريع الصناعية ورتبها بحسب أهميتها كما يلي:

أ. درجة الحرارة (خاصة درجة الحرارة الصغرى ومدى حدوث الصقيع).

ب. تساقط الثلوج.

ج. الرياح الشديدة والأعاصير المدمرة.

د. الأمطار الغزيرة.

هـ. عوامل أخرى مثل ارتفاع نسبة الرطوبة وسوء الأحوال الجوية[3].

ويذكر راسيل أنه من الصعوبة بمكان القيام بعمليات دهان الحوائط، إذا ما

(1) Landsberg, H. E.; Op. Cit.

(2) Russel, J. A.; The Problem Method and Conclusions in Industrial Operations Under Extremes of Weather Meteorological Monographs, Vol. 2, No. 9, 1957, 1-9.

(3) Driscoll, D. M.; OP. Cit, P. 342-346.

انخفضت درجة حرارة الهواء عن 16°م (60° ف). وتختلف القدرة الإنتاجية للعمال تبعاً لارتفاع درجة حرارة الهواء، عن 60° أو انخفاضها عن ذلك. لقد أتضح من نتائج التجارب أن إنتاجيه العمال تنخفض بمعدل 75٪، إذا ما ارتفعت درجة حرارة المكان إلى 30°م (90° ف). أو إذا انخفضت درجة حرارة المكان حتى ناقص 20°م تحت الصفر. ولكن إذا ما ارتفعت إلى +49°م تنعدم القدرة الإنتاجية للعمال.

كما يؤكد هذا الباحث، على أن معظم العمليات الصناعية والهندسية تتأثر كفاءة تشغيلها، إذا ما انخفضت درجة حرارة المكان عن-18° م. فتفقد قطارات السكك الحديدية نحو 5٪ من قدرة تشغيلها وحمولتها؛ إذا ما انخفضت درجة الحرارة عن- 29° م، فلا بد أن تقل حمولة قطارات السكك الحديدية بنحو 15٪ من قدرتها الفعلية، ثم تنخفض قدرة حمولة هذه القطارات إلى نحو 40٪ من قدرتها إذا ما انخفضت درجة الحرارة إلى ناقص 40 درجة مئوية تحت الصفر.

كما أن للصقيع وتجمد التربة آثارهما المباشرة في العمليات الهندسية الإنشائية، خاصة عند بناء المنازل ومد الطرق البرية وتشييد الجسور والمصانع. فإذا ما أنشئ طريق أو منزل فوق أسطح الأرض المتجمدة Perma forst grounds، ثم تعرضت هذه الأرض بعد ذلك لفعل الذوبان، فإن المياه المذابة داخل الأرض المتجمدة، قد تؤدي إلى انهيار الطريق أو المنزل المقام فوقها، وبالتالي على المهندس الإنشائي وضع الحلول الهندسية لمشكلات الأرض المتجمدة، عند إقامة أي مشاريع عمرانية أو هندسية مدنية فوق تلك الأراضي.

وقد ينجم عن تساقط الثلوج فوق مدينة ما، ارتباك حركة المرور وتوقف حالة النقل البري، بالإضافة لتزايد حوادث المرور، كما يؤدي تراكم الثلوج فوق الأسلاك الكهربائية إلى تقطعها، كما تنقطع الاتصالات السلكية. وفي هذه الحالة يتحتم على المهندس المدني الأخذ بعين الاعتبار عند تنفيذ المشاريع الهندسية

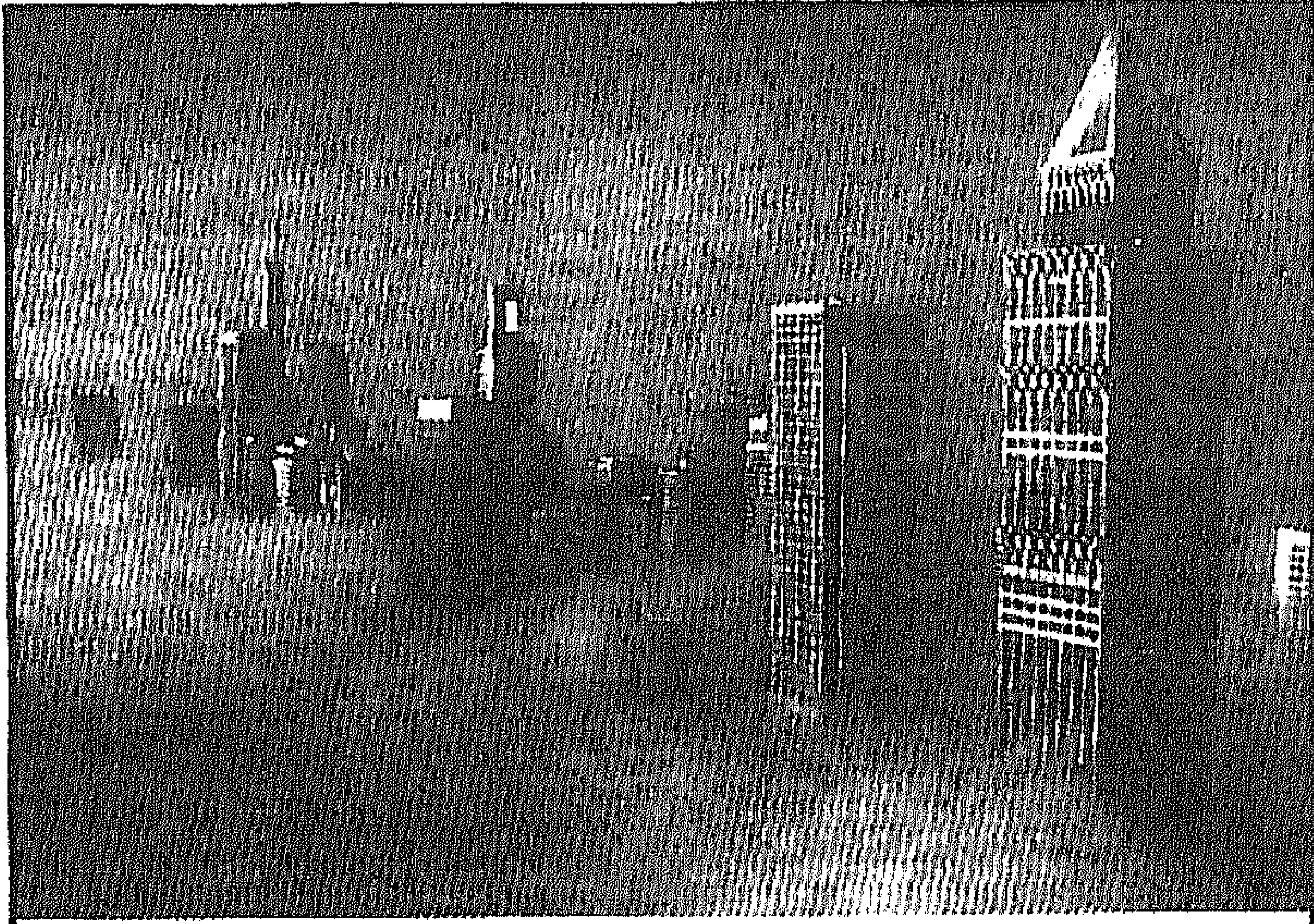
المختلفة، في تلك الظروف المناخية السائدة لتلك المناطق، كيفية حماية الطرق البرية من الثلج المتراكم فوقها، والمياه المذابة منه، وعمليات الهبوط الأرضي لأجزاء من الطريق[1].

وعند إنشاء المساكن يقتضي الأمر مراعاة المهندس المعماري، كيفية اختيار واجهات هذه المنازل ومدى اتساع نوافذها. وأن تكون في الاتجاه المضاد لاتجاه الرياح الثلجية، أو الرياح الشديدة البرودة. كما يؤكد هذا الباحث على أنه من الصعوبة بمكان، القيام ببعض الأعمال الهندسية خارج المصنع، إذا كانت الرياح شديدة تتراوح سرعتها ما بين 63-94 كيلو متراً في الساعة، خاصة عند القيام بأعمال البناء في الأدوار العليا وأعمال الدهان وتركيب أسلاك الهاتف والكهرباء. أما إذا زادت عن 94 كيلو متراً في الساعة (27 متراً في الثانية)، فإنه يتعذر القيام بالعمليات الصناعية الخارجية.

كما يؤكد الأستاذ لاندسبرج عام 1960 بأن المناخ يعد من العوامل الرئيسة، التي تؤثر في اختيار مواقع المصانع ومراكز الإنتاج المختلفة، بل وفي التوطن الصناعي. فعلى سبيل المثال تتوطن صناعة بناء الطائرات وصناعة الأفلام السينمائية في القسم الغربي من ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث تعظم هنا عدد ساعات شروق الشمس، وأن الرؤية جيدة معظم أيام السنة لندرة حدوث الضباب واعتدال المناخ. كما تؤثر الأدخنة الناجمة عن الحرائق والمصانع على تزايد نسبة الضباب الدخاني Smog, فوق المدن الصناعية في العالم.

(1) Ibid.





صورة رقم (31): صورة توضح تزايد الضباب الدخاني فوق المدن الصناعية

المناخ والمعارك الحربية

لم يقتصر تأثير المناخ على الإنسان في ملبسه ومسكنه ومزرعته ومصنعه ووسيلة نقله وجسمه، وإنما تعداه إلى التأثير في سير معاركه الحربية فوق سطح هذا الكوكب. فللمناخ أهمية جيوستراتيجية يقدرها المخططون عند التخطيط لإدارة المعارك، واختيار أنسب الظروف المناخية لتنفيذها. بل أصبح من بين أعمال سلاح الإشارة في الجيوش المتقدمة، رصد العناصر الجوية وتسجيلها أولاً بأول، لخدمة تحرك القوات البرية والبحرية والجوية. والتاريخ ينبئنا بالعديد من المعارك التي فشلت، بسبب عدم الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية، التي جرت فيها المعارك الفاشلة. ففشل حملة نابليون بونابرت على سهول روسيا عام 1812م كان بسبب قسوة الظروف المناخية الشتوية في تلك المنطقة، وتجمد مياه بحيرات بربيت Prepeet، الأمر الذي دفع الجيش الروسي إلى عبور مسطحات

المياه المتجمدة والوصول إلى الجيش الفرنسي في الساعة الثالثة فجراً، بعد تزايد سمك الجليد على سطح مياه العبور بالمدافع الروسية، على حين غرة وسحقه وقهر نابليون نهائياً عن احتلال روسيا الاتحادية. كما هلك مئات الجند من جنود الكونت بلدوين، عندما تعرضوا للبرد الشديد في مرتفعات سيناء أثناء الحملات الصيليبية، كما لم تساعد الفرنجة دخولهم لمدينة دمياط عام 1218م.

وتكررت هذه الظروف أثناء الحربين العالميتين الأولى والثانية، حيث اجتاحت جيوش الألمان للأراضي البولندية خلال فترة انقطاع سقوط المطر، ومن ثم أحسنوا استخدام وحداتهم الميكانيكية في الهجوم. كما اجتازت البوارج الألمانية مضيق دوفر الحصين، خلال يوم عبوس وملبد بالغيوم. فلم يستطع السلاح الجوي الملكي البريطاني، إيقاف الهجوم الألماني حينذاك في بداية الحرب العالمية الثانية.

وحينما قررت جيوش الحلفاء الهجوم على العراق في معركة الخليج الأولى، اختاروا وقت الهجوم ليلة 17/ 1/ 1991م، الملائمة من حيث درجة الحرارة للجنود عند سير المعركة، وحينما تلقت الجيوش الحليفة ضربة قوية في الناصرية، ولم تستطع الدبابات التحرك بسهولة لرطوبة التربة، اختارت توقيت المعركة الثانية في الخليج لضرب القوات العراقية في يوم 20/ 3/ 2003 والتي استمرت لغاية 9 نيسان لذلك العام.

فكل معركة دارت رحاها سابقاً أو ستدور مستقبلاً، لابد لمخططي المعركة من الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية. وهذا ما قد حدث مع قائد جيوش الحلفاء في الحرب العالمية الثانية أيزنهاور والرئيس الأمريكي لاحقاً، حينما اختار يوم 4 حزيران عام 1944 لاجتياح شبه جزيرة بريتاني المحتلة من قبل الجيوش النازية، لملاءمة غارات الطيران وتحرك الآليات والدبابات العسكرية، التي

سحقت الجيش النازي، مما دفعه للتراجع للخلف وانسحابه صوب برلين حتى تم احتلالها يوم 9 أيار من عام 1945م.

نخلص من هذا العرض إلى أن للمناخ دوراً رئيساً في حياة الإنسان وأنشطته الاقتصادية والاجتماعية والحربية، ومن لم يأخذ بأهمية الطقس والمناخ في الحرب فمآله لهزيمة أكيدة. وما اجتياح شارل الثاني لأوكرانيا عام 1709م واجتياح نابليون لروسيا عام 1812م، واجتياح هتلر للاتحاد السوفييتي في 22 حزيران عام 1941م، وهزيمتهم بالفارس الجبار ألا وهو الطقس والمناخ الشديدين، حينما انخفضت درجة الحرارة لنحو 45°م تحت الصفر في معركة ستالينغراد. وسحق 200 ألف جندي نازي فيها!!؟ إلا دليلاً قاطعاً على أهمية دور المناخ في حسم نتيجة المعركة لمن يأخذه بعين الاعتبار، أثناء سير العمليات العسكرية بين الجيوش المتحاربة براً وبحراً وجواً.



صورة رقم (32): توضح غرق الدبابة الأمريكية في المستنقعات العراقية بالناصرية

الفصل التاسع عشر

التغير المناخي وتأثيره على المجتمع البشري



الفصل التاسع عشر

التغير المناخي وتأثيره على المجتمع البشري

لماذا ندرس تغيرات المناخ؟؟

الزمن الجيولوجي وتغيرات المناخ.

أسباب التغيرات المناخية.

حقائق في غاية الخطورة.

المناخ والإنسان.

العصور التاريخية وأدلة حصول تغير في المناخ.

التنبؤ بالمستقبل.

الفصل التاسع عشر

التغير المناخي وتأثيره على المجتمع البشري

لماذا ندرس تغيرات المناخ؟

لم يلق أي موضوع من مواضيع علم المناخ العناية الكافية، مثلما لقيها في السنوات الأخيرة موضوع تغير المناخ. وفي كل يوم تزودنا علوم الجيولوجيا والنبات والحيوان والإنسان والظواهر الجوية والفلك وغيرها من العلوم ذات الصلة بهذا الموضوع، بأدلة جديدة ومقنعة على تغير المناخ.

وبالرغم من أن النظريات التي قيلت بهذا الصدد، لا تكاد تخلو نظرية منها من الانتقادات، بل إنه لحتى الآن لم تقبل منها نظرية واحدة قبولاً تاماً، إلا أنه من الأهمية بمكان إعطاء ولو فكرة مبسطة عن أهم الحقائق المتعلقة بالمناخ القديم. كما يمكن مناقشة هذه الأسس التي ترتكز عليها هذه الحقائق.

وحينما سادت فكرة النظرية السديمية المتعلقة بنشأة المجموعة الشمسية، كان طبيعياً أن يفترض أن مناخ سطح الأرض آخذ في البرودة التدريجية. ولكن مما يناقض هذا الرأي، ظهور أدلة تؤيد وجود آثار العصر الجليدي، في صخور الأزمان الجيولوجية السحيقة، وفي عروض تعتبر من العروض المعتدلة في الوقت الحالي.

ومن الجلي، أنه منذ أقدم العصور الجيولوجية، وجدت ظروف مناخية شبيهة بما هو كائن في الوقت الحاضر. وقد دلت الحفريات على وجود كائنات حية على وجه الأرض منذ العصر الكمبري. ومن المحتمل أن الحياة وجدت على سطح الأرض قبل ذلك بكثير. ومعنى ذلك أن المدى الحراري الضيق لدرجات

الحرارة في تلك العصور، قد سمح بوجود الكائنات الحية منذ تلك العهود السحيقة، وبقيت حتى الوقت الحاضر[1].

لقد طرأت في الأفق تصورات للتغير المناخي العالمي، ما لبثت أن تمخضت عنها تكهنات عديدة، أجمع أصحابها على أن كوكبنا الأرضي اليوم، على وشك أن يشهد تغيرات مناخية شاملة. ولهذا ركزت بعض الدراسات العلمية كورقة العمل المقدمة لوكالة الاستخبارات الأمريكية على إبراز ما تقوم به مدرسة ويسكونسن، Wisconsin ويشرف عليها الأستاذ (R> A. Bryson) الذي أجرى عدة دراسات وبحوث، في محاولة لإعادة بناء صورة متكاملة عن المناخ العالمي القديم[2].

وقد أدت دراسات مدرسة ويسكونسن إلى نتائج على غاية الأهمية والتي تمثلت في فترة المناخ الأمثل (Optimum climate)؛ والتي شهدها العالم من خلال العقود الممتدة من عامي 1930 و1960، قد قاربت على الانتهاء. وهي فترة قد تميزت بأمثل الظروف المناخية للزراعة. كما تضاعف خلالها عدد سكان البشرية، واستقرت الحدود السياسية، واندفعت معظم دول العالم في تنفيذ ما يسمى بالثورة الخضراء (Green Revolution). كما أصبحت عملية التنمية الصناعية ظاهرة عالمية، تسود العالمين المتقدم والنامي على حد سواء.

ومع انتهاء تلك الفترة الزاهرة في تزايد السكان والغذاء، نعود إلى المناخ الذي كان سائداً في القرن 19م، والذي اتسم بانخفاض ملحوظ في درجات الحرارة، في المناطق الواقعة ضمن العروض المعتدلة، وبانتشار الجفاف والقحط والفيضانات الفجائية في العروض المدارية.. وكلها ظاهرات مناخية أسفرت من

(1) Miller, A.; OP. Cit. P. 400.
(2) Bryson, R.; OP. Cit.

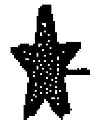
بين ما أسفرت عن وقوع العديد من الثورات والاضطرابات السياسية والحروب وغيرها، من مظاهر العنف التي ميزت تاريخ العالم في ذلك القرن المذكور.

من هنا ندرك مدى الأهمية التي تترتب على دراسة هذا الموضوع والبحث فيه، لاسيما وأننا في أيامنا هذه، نلاحظ التغيرات الطارئة في أحوال الطقس والمناخ، بل أصبح الإنسان العادي يدركها من خلال ممارساته اليومية. وأكثر من يخبرك عن هذا التغير المناخي، المزارع والعامل والبدوي والحرفي، الذين لهم التصاق بدهي بالسماء والأرض والسوق، حيث ينتظرون من السماء الغيث، ومن الأرض الوفر، علهم يظفرون بمحصول صيف ممتاز أو محصول شتوي أفضل...

الزمن الجيولوجي وتغيرات المناخ

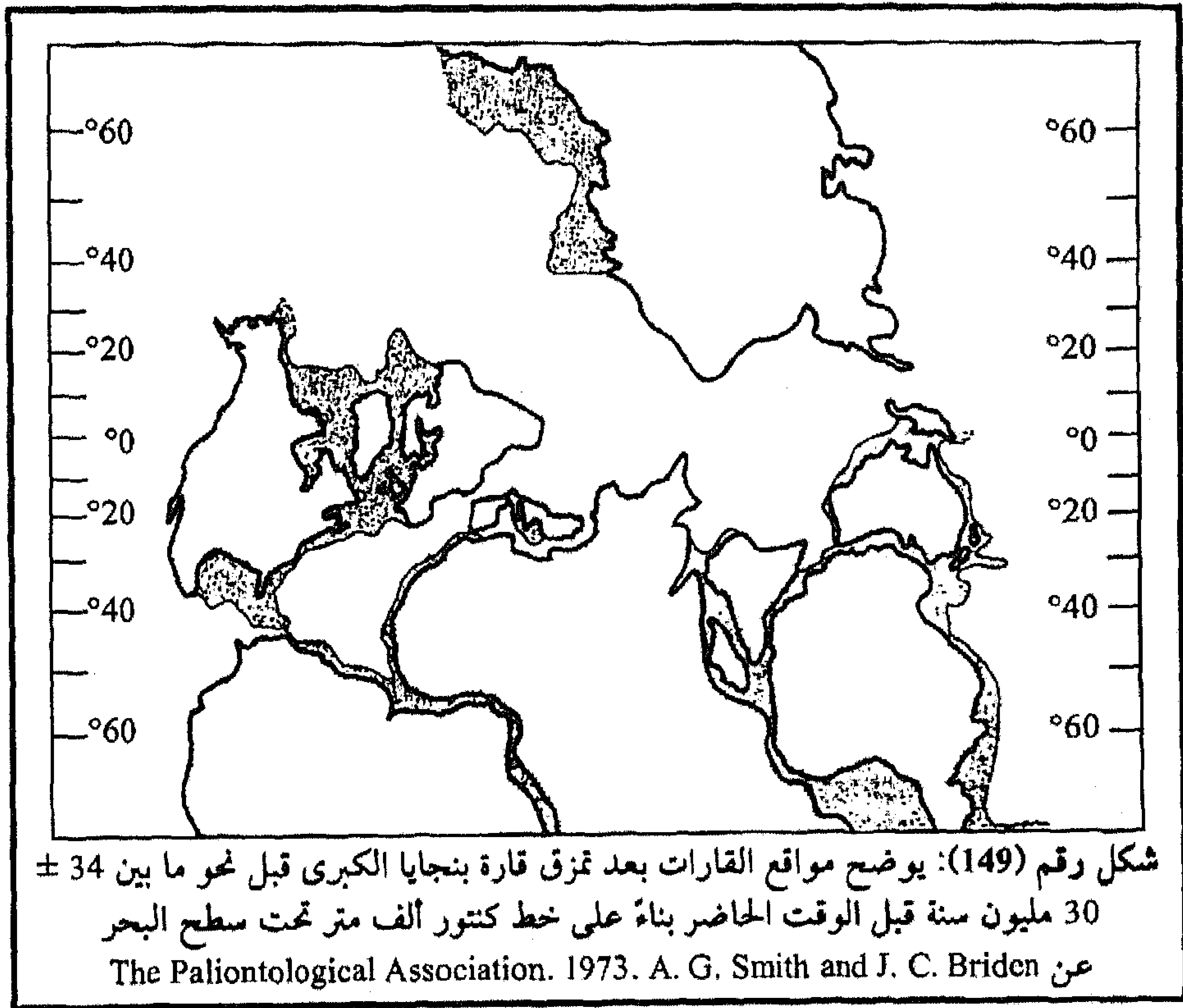
لم تستطع طبيعة الحفريات في الأزمة الجيولوجية السحيقة، من التمييز بين الأنواع المناخية المختلفة. لأن معظم تلك الحفريات كانت لحيوانات مائية هلامية غير فقارية. وبذلك لم يتضح فيها التغير أو التشكيل طبقاً للظروف المناخية في عصر جيولوجي. ولكن مع بداية الزمن الجيولوجي الثاني (الميزوزوي)، حدث تمزق واضح في صور الكائنات الحية، وتم التمييز بين الأنواع القطبية وبين الأحياء المدارية. ثم في الأزمنة الجيولوجية التالية: تطورت الحياة أكثر فأكثر عن ذي قبل، فظهرت نباتات وحيوانات برية متنوعة، أمكن الاعتماد على حفرياتها في استخلاص المعلومات عن الظروف المناخية، التي عاشت فيها تلك الكائنات الحية[1]. والمثال على ذلك، حيوان الماموث والنمر ذو الأسنان الحادة وشجر الصفصاف القطبي، وغير ذلك من الحفريات التي تم العثور عليها.

(1) Griffiths, J. F.; and Driscoll, d. M.; OP. Cit. PP. 251-263.



وبناءً على هذه الحقائق أصبح من السهولة بمكان، استنتاج الحقائق المتصلة بالمناخ القديم من حيث طبيعة التكوينات الصخرية، التي تكونت في الأزمان والعصور الجيولوجية القديمة.

فعلى سبيل المثال، أمكن الاستدلال من وجود الجلاميد الصلصالية (Boulders) على حدوث مناخ جليدي (زحف جليدي). كما استدل من وجود رواسب الملح والجبس على الظروف المناخية الجافة[1].



شكل رقم (149): يوضح مواقع القارات بعد تمزق قارة بنجايا الكبرى قبل نحو ما بين 34 ± 30 مليون سنة قبل الوقت الحاضر بناءً على خط كنتور ألف متر تحت سطح البحر
عن The Paliontological Association. 1973. A. G. Smith and J. C. Briden

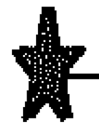
واستدل من وجود الأحجار الجيرية المرجانية على وجود البحار الدافئة.

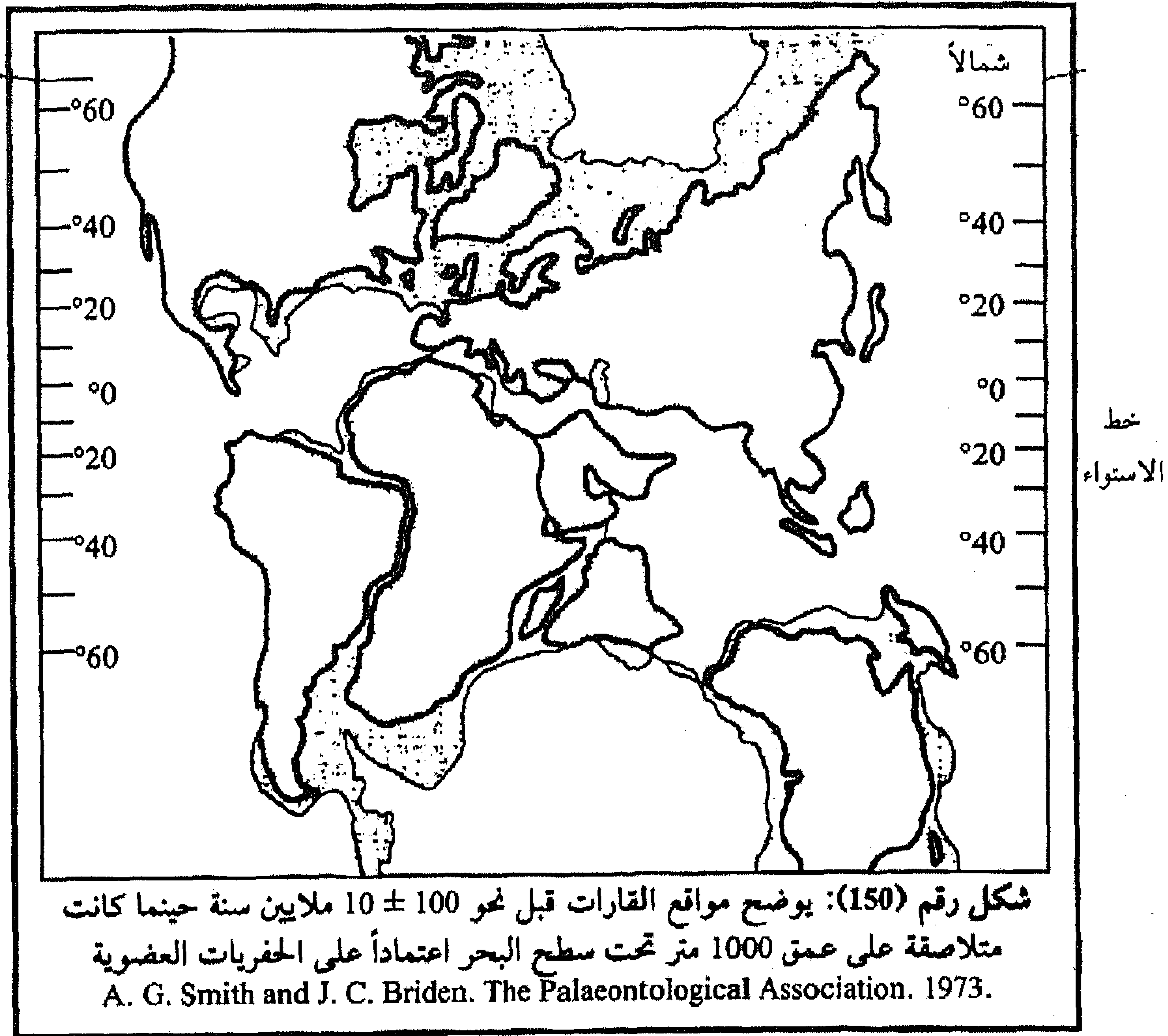
(1) Mintzer, I.; (Editior).; confronting Climate Change,Cmabridge University Press, 1992, PP. 31-62.

ومن تواجد التكوينات الفحمية التي لا تظهر فيها آثار حلقات النمو السنوية على سيادة المناخ المداري، ومن وجود حلقات في نباتات معاصرة للتكوينات الفحمية في مناطق أخرى من العالم، على حدوث تغيرات فصلية في المناخ. كما أمكن استنتاج هذه الحقائق من أدلة مادية أخرى، تمثلت في تعاقب الرواسب الناعمة الدقيقة مع الرواسب الخشنة، التي تتشكل في فصول الفيضانات والفصول التي تعقبها. حيث يهبط فيها مستوى الأنهار. ومنها كذلك تعاقب تكوينات الملح الصخري والجبس، حيث إن الملح الصخري يميل بطبيعته إلى الذوبان في المياه الدافئة، أكثر مما يذوب في الماء البارد، بعكس الجبس الذي يميل للذوبان في المياه الباردة أكثر مما يذوب في الماء الدافئ.

نخلص من هذا العرض، إلى أن تعاقب هذه التكوينات يشير إلى تعاقب ظروف مناخية متباينة بسبب اختلاف درجات الحرارة في الفصول المختلفة، يرافقه تبلور الملح شتاءً وتبلور الجبس صيفاً، وعلى هذا النحو نستطيع تتبع تاريخ منطقة ما، مثل الجزر البريطانية، حيث نستدل على أن أحداثاً مناخية كثيرة، قد مرت على تلك الجزر. فتشير الحفريات فيها على أن العصر الكربوني الأعلى مثلاً، كانت الظروف المناخية فيها ملائمة لنمو النباتات الاستوائية، وفي العصر الترياسي كانت الأحوال المناخية من النوع شبه المداري الجاف، وفي العصر الكريتاسي كانت الظروف المناخية من النوع المعتدل البارد، وفي عصر الأيوسين، كانت معتدلة دافئة وفي الزمن الرابع كانت قطبية[1].

(1) عبد الغني سلطان/ الجو عناصره وتقلباته، مرجع سبق ذكره، ص 104.





شكل رقم (150): يوضح مواقع القارات قبل نحو 100 ± 10 ملايين سنة حينما كانت متلاصقة على عمق 1000 متر تحت سطح البحر اعتماداً على الحفريات العضوية
A. G. Smith and J. C. Briden. The Palaeontological Association. 1973.

أسباب التغيرات المناخية

إن تغير الظروف المناخية يؤدي غالباً إلى حدوث أي تغير في توزيع العناصر المناخية. ويعتبر تغير العامل المناخي هو السبب الرئيس الذي يفسر به العلماء والباحثون حدوث العصور الجليدية. ولكن الحقائق المتصلة بهذا الموضوع، معقدة تعقيداً كبيراً لا نستطيع معها أن نفسرها جميعاً بناءً على أن عاملاً واحداً هو الذي يتغير. ولقد اتجهت النظريات القديمة إلى أن مناخ الشمس هو الذي يتغير، أي أن الحرارة المنبعثة منها، حرارة متغيرة سواءً في مقدارها أو توزيعها الفصلي.

ومن أهم هذه النظريات نظريات العالم كرول (Croll)، التي أشارت إلى أن سبب التغيرات المناخية، تعزى إلى وجود شذوذ في مدار الأرض حول الشمس. وهناك نظرية أخرى للعالم درايسون (Drayson) تشير على اختلاف الميل الذي يبلغ حالياً (23.5)، لم يكن كذلك في كل الأزمان والعصور الجيولوجية، التي مرت فيها كرتنا الأرضية. كما أن هناك العديد من هذه النظريات التي تحاول تفسير ظاهرات العصور الجليدية، وغيرها من التغيرات المناخية مثل نظرية تيندول (Tyndall) وشمبرلين (Chamberlain) وهمفري (Hamphrey) وغيرها، بناءً على اختلاف نسب ثاني أكسيد الكربون (CO2) والرماد البركاني، وغير ذلك من المواد التي تشوب الغلاف الجوي وتعلق به[1]. وأخيراً إن السؤال الذي يطرح نفسه الآن هل ظاهرة تغير المناخ عبر عمر الكرة الأرضية الطويل والمقدر بنحو 4600 مليون سنة حقيقة أم خيال؟

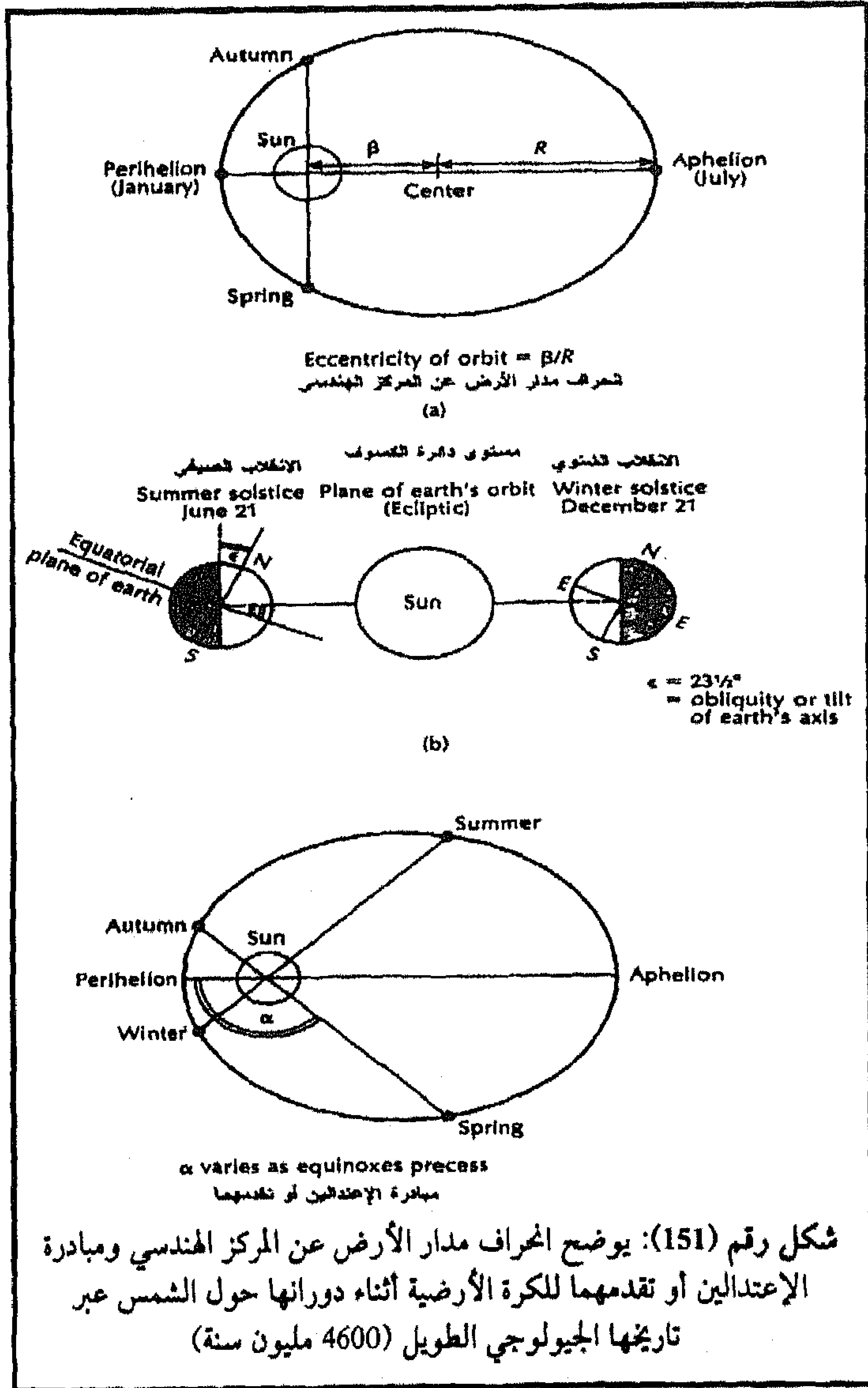
يقول أحد الباحثين وهو الأستاذ لاندسبيرج H. E. Landsberg إن تمزق كتلة بانجايا Pangea إلى وحدات أصغر تدعى القارات، ثم تزحزح هذه القارات عن بعضها البعض Continental Drift وتشكيل التضاريس والتغيرات التي طرأت على محور الأرض Earths Orbital، بالإضافة إلى التغيرات التي طرأت على تركيب الغلاف الغازي، والتذبذبات Fluctuations المناخية بجانب التغيرات الطارئة على انبعاث الإشعاع الشمسي Solar Emission، بالإضافة إلى دورة المياه في أعماق البحار والمحيطات والتغيرات الطارئة على التربة وغطائها النباتي، كلها مجتمعة تؤكد على أن هذه الظاهرة الطبيعية، هي حقيقة كما تشير

(1) Miller, A.; OP. Cit. P. 406.

لذلك كل الدلائل، من تشكيل التضاريس وتقدم أو تراجع الزحف الجليدي وتشكيل خطوط السواحل البحرية القديمة، بجانب المصاطب النهرية River Terraces وتواجد الحفريات النباتية والحيوانية في مواقع مختلفة من سطح هذا الكوكب الحيوي. فكلها دلالات Deductions يمكن الاعتماد عليها في إثبات أن المناخ غير ثابت Inconstant. كما أن الأرض تتحرك حول الأم الشمس عبر تاريخها الجيولوجي والفلكي (4600 مليون سنة). ما دامت الشمس تشرق يومياً وتدور، وهذا الكوكب الحيوي يدور في فلكه حولها، حيث يقول الأستاذ لاندسيبرج:

(Continents are not Static, The Atmosphere Alters in composition, and the solar out put is not constant – why should the climate not change?) (Driscool, D. M. P. 149).



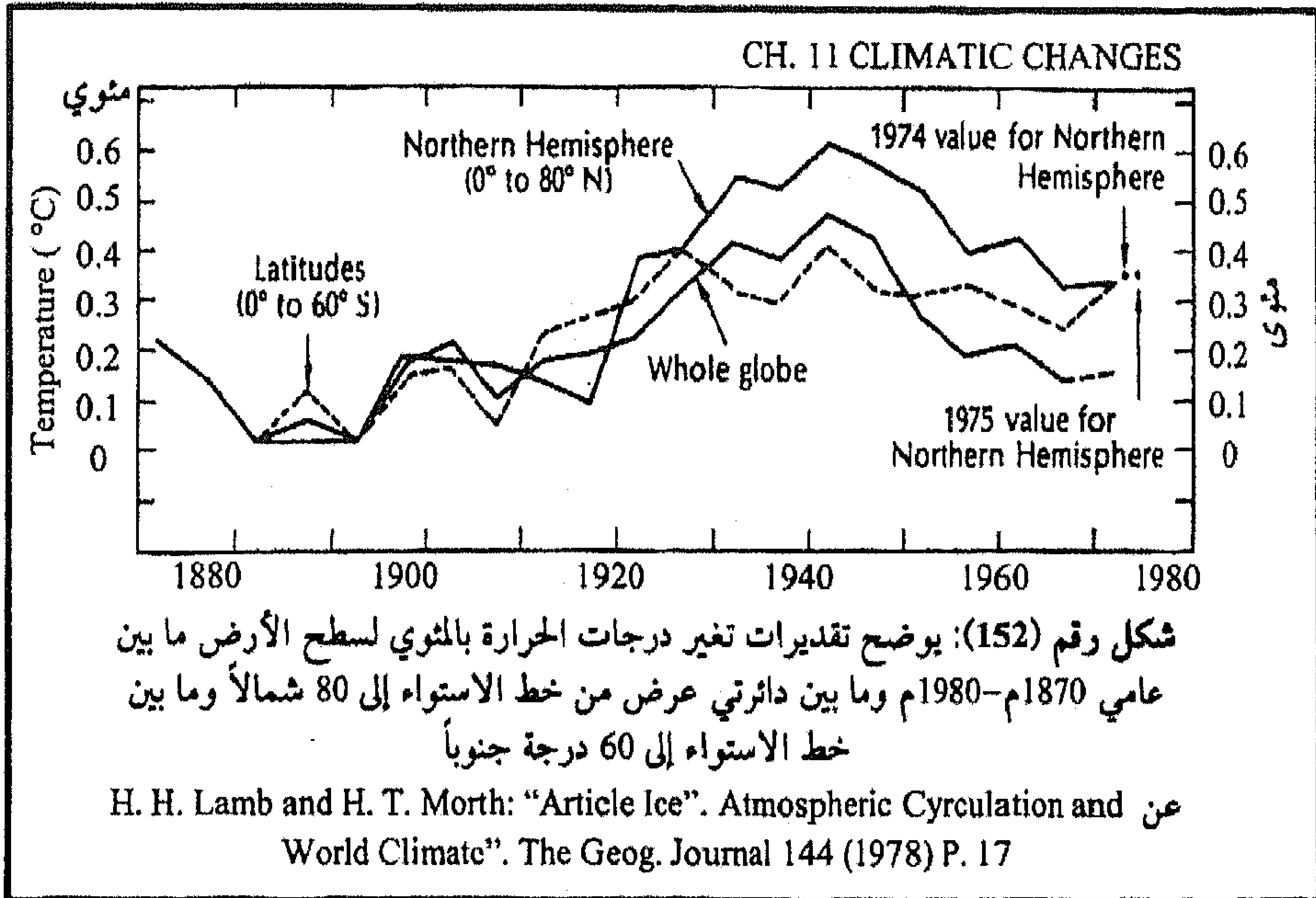


شكل رقم (151): يوضح انحراف مدار الأرض عن المركز الهندسي ومبادرة الإعتدالين أو تقدمهما للكرة الأرضية أثناء دورانها حول الشمس عبر تاريخها الجيولوجي الطويل (4600 مليون سنة)

وبناءً على ذلك، يمكن تحديد مناخات الأرض في الأزمان والعصور الماضية، من خلال الدلائل والمؤشرات الآنفة الذكر لمدة ربما تعود لنحو 500 مليون سنة أو لنحو 340 مليون سنة قبل الآن.

لقد حدثت خلال القرن العشرين الماضي حالات جفاف شديدة وحالات

مطر غزيرة في بلدان كثيرة فوق سطح أرضنا الجميلة. فقد تعرض الاتحاد السوفييتي السابق عام 1972 لموجات صقيع أدت لتدمير محصول القمح فيه. كما تعرضت منطقة سهول البراري الواقعة للشرق من جبال الروكي بالولايات المتحدة في شتاء عام 78-1979، لأمطار غزيرة جداً، كما أدى انحباس الأمطار الموسمية فوق شبه القارة الهندية، إلى الجفاف الحاد شتاء عام 59-1960 وشتاء عام 98-1999 إلى تدمير المحاصيل الزراعية فيها في الموسمين، وعجز شديد في المياه العذبة للاستهلاك المنزلي والزراعي. كما أدى الجفاف الشديد الذي تعرضت له المياه العذبة للاستهلاك المنزلي والزراعي، كما أدى الجفاف الشديد الذي تعرضت له جمهورية البرازيل عام 1974 لتدمير محصول البن Coffee. كذلك تعرض شمال غرب القارة الأوروبية في عامي 75-1976 لفصول صيف حارة جافة جداً نسبياً وفصول شتاء باردة للغاية.



شكل رقم (152): يوضح تقديرات تغير درجات الحرارة بالمئوي لسطح الأرض ما بين عامي 1870م-1980م وما بين دائرتي عرض من خط الاستواء إلى 80 شمالاً وما بين خط الاستواء إلى 60 درجة جنوباً

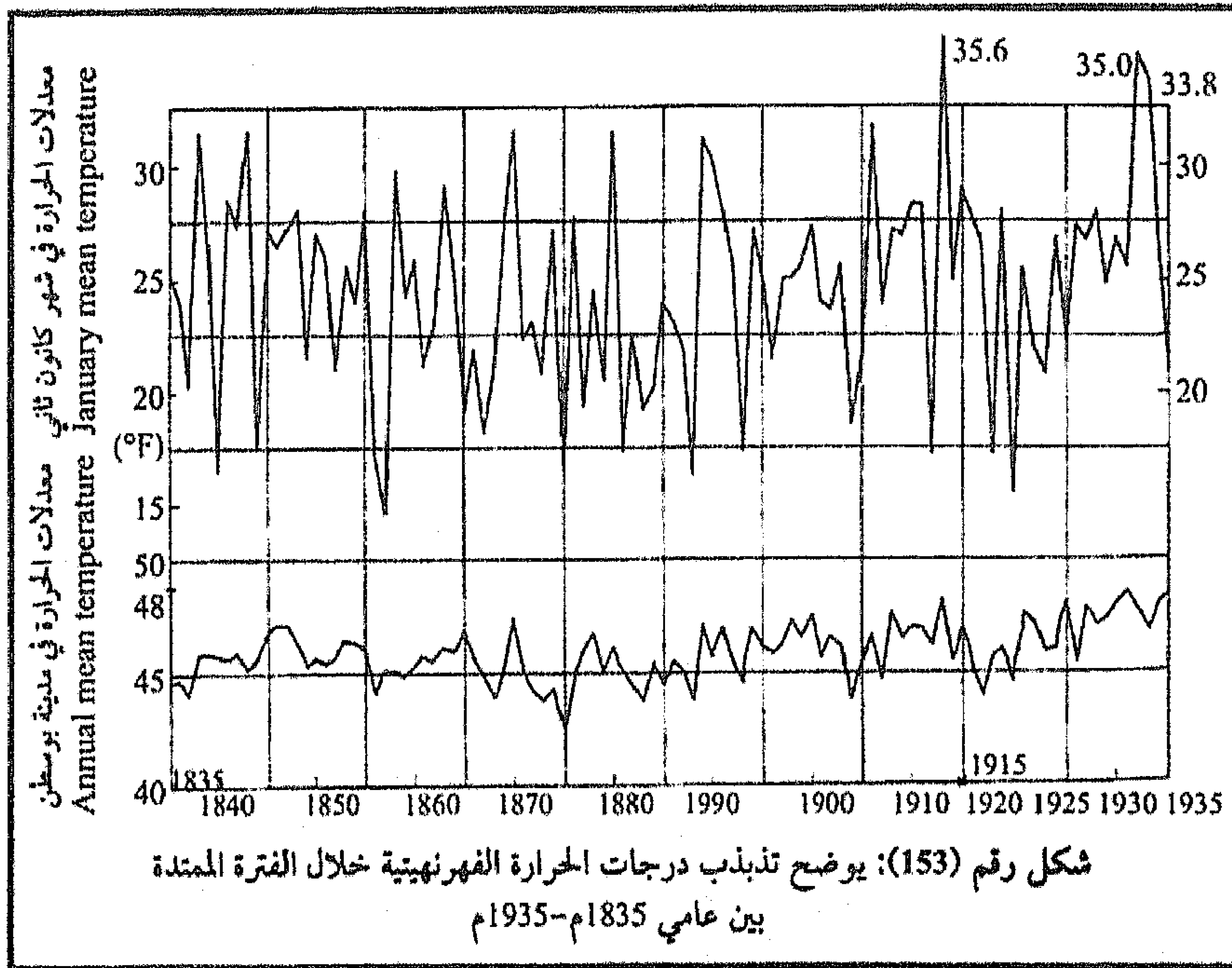
عن H. H. Lamb and H. T. Morth: "Article Ice". Atmospheric Cyrculation and World Climate". The Geog. Journal 144 (1978) P. 17

أضف إلى ذلك، ما يتعلق بفكرة التغير المناخي، فقد تعرضت العروض



الوسطى والعروض العليا في نصف الكرة الشمالي للتسخين لعدة أعشار قدرت بنحو 0.6 درجة مئوية زيادة عن المعدل العام في تلك الفترة من درجات الحرارة المئوية، منذ بداية عقد الأربعينات من القرن العشرين الماضي. وأدى هذا الوضع إلى شيوع فكرة التغير المناخي في العالم. مما دفع العلماء الباحثين الآخرين لدراسة هذا الموضوع ومشكلاته.

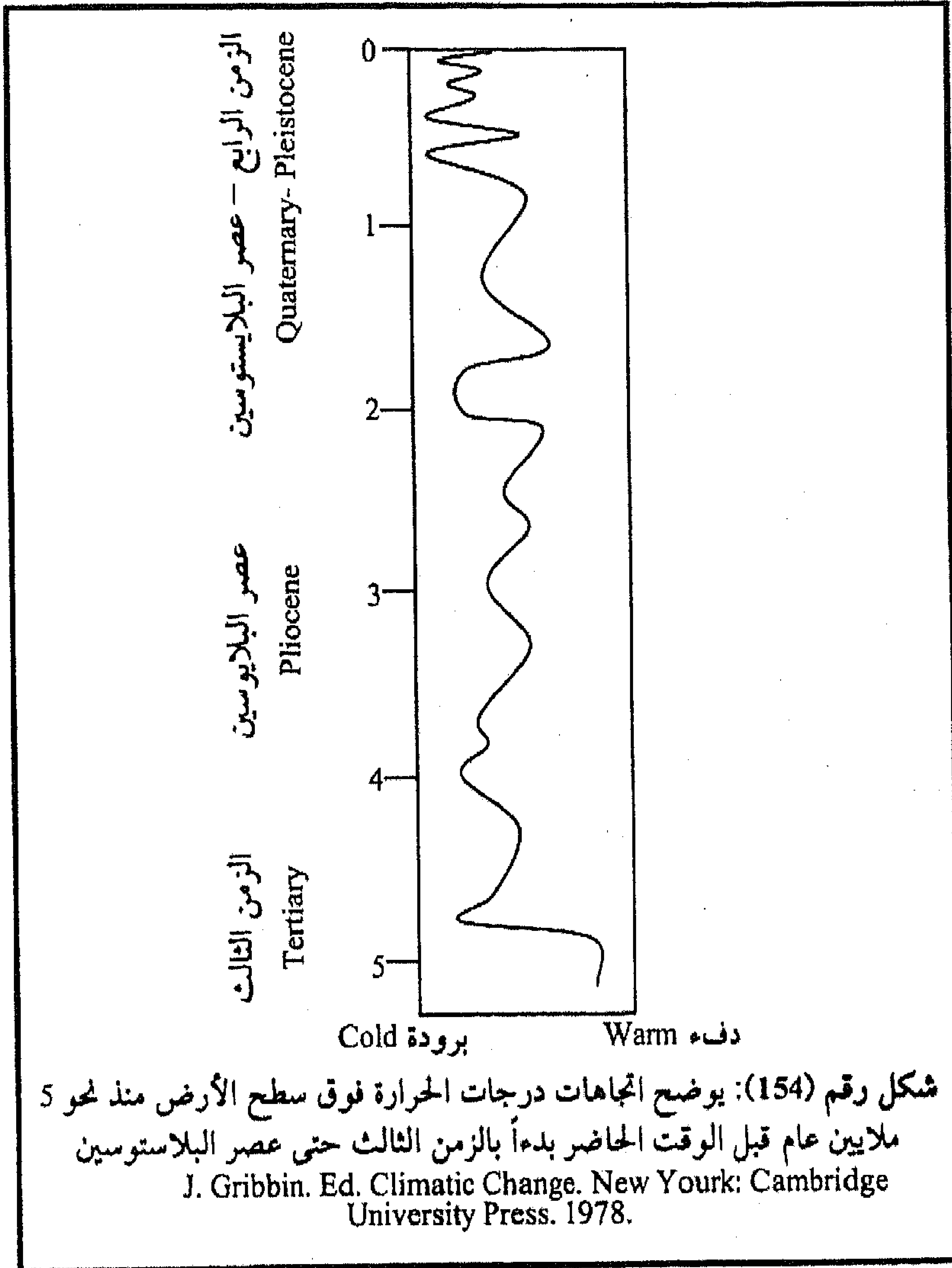
وتوضح الأشكال التالية تذبذب درجات الحرارة الفهرنهيتية خلال الفترة الواقعة ما بين عامي 1835 إلى 1935، كمعدلات الحرارة في شهر كانون ثاني، والمعدلات السنوية الصادرة عن محطة الأرصاد الجوية الأمريكية في مدينة بوسطن. كما في الشكل التالي:



شكل رقم (153): يوضح تذبذب درجات الحرارة الفهرنهيتية خلال الفترة الممتدة بين عامي 1835م-1935م

كما يوضح شكل رقم (151) انحراف مدار الأرض عن المركز الهندسي لمدارها، عبر الأزمان والعصور الجيولوجية المختلفة في الشكلين أ+ب بالإضافة إلى مبادرة الاعتدالين في الشكل ج.

أما الشكل رقم (146) فيوضح اتجاهات درجات الحرارة منذ نحو خمسة ملايين عام قبل الوقت الحاضر، بدءاً بالزمن الثالث وعصر البليوسين **Pliocene**، وانتهاءً بالزمن الرابع **Quatermary** وخاصة في عصر البلايستوسين **Pleistocene** مبيناً تباين درجات الحرارة عبر تلك العصور من البرودة إلى الدفء أو العكس.



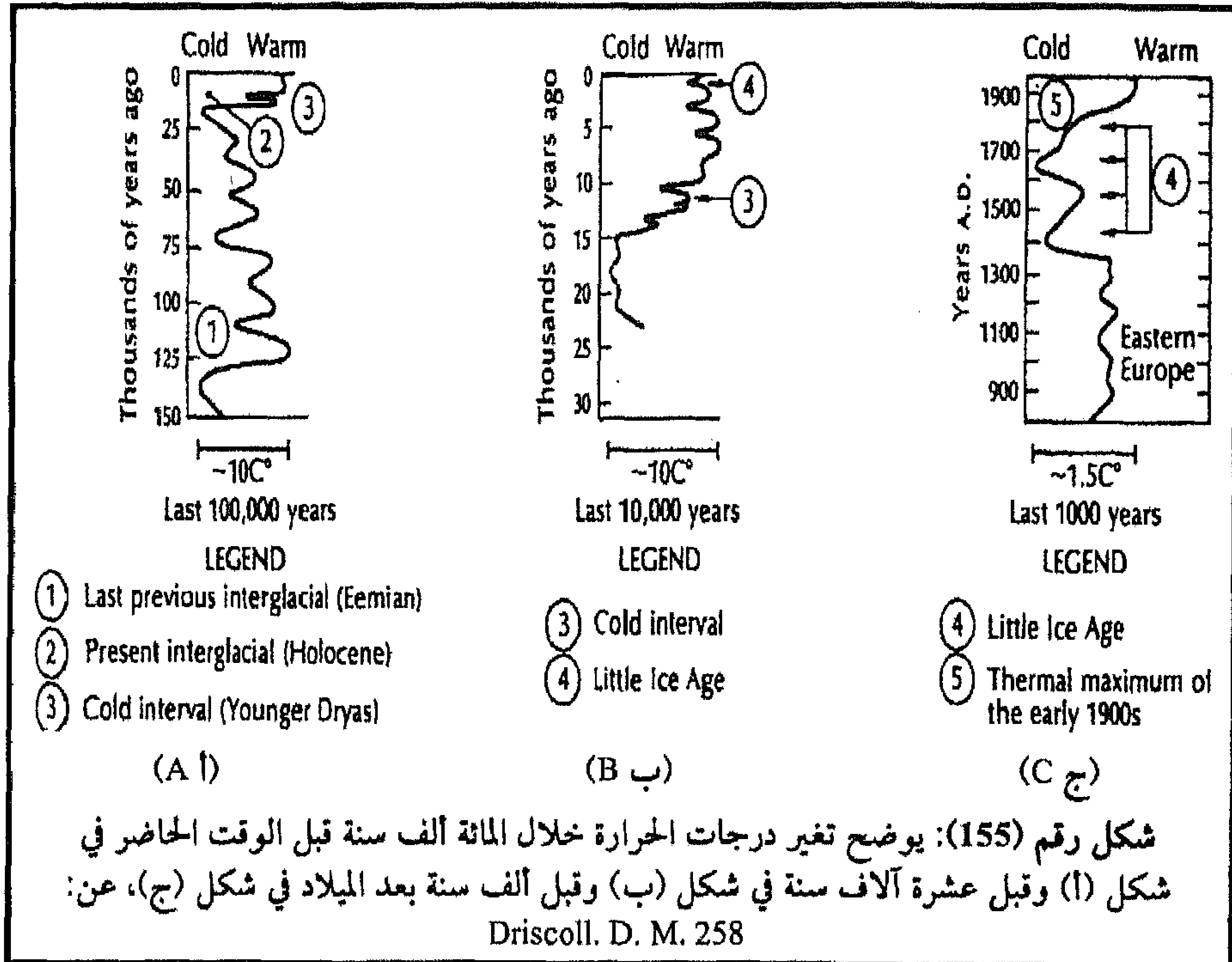
شكل رقم (154): يوضح اتجاهات درجات الحرارة فوق سطح الأرض منذ نحو 5 ملايين عام قبل الوقت الحاضر بدءاً بالزمن الثالث حتى عصر البلاستوسين

J. Gribbin. Ed. Climatic Change. New Yourk: Cambridge University Press. 1978.

كما توضح الأشكال أ+ب+ج تغير درجات الحرارة خلال المائة ألف سنة



قبل الوقت الحاضر (أ) وقبل عشر آلاف سنة قبل الآن (ب)، وقبل ألف سنة قبل الوقت الحالي بعد الميلاد (ج). حيث تظهر درجات الحرارة في الشكل الأول نحو -10 درجات مئوية، وفي الشكل (ب) نحو 10° م، وفي الشكل (ج) نحو- 1.5 (Driscoll, d. M. P. 258).



شكل رقم (155): يوضح تغير درجات الحرارة خلال المائة ألف سنة قبل الوقت الحاضر في شكل (أ) وقبل عشرة آلاف سنة في شكل (ب) وقبل الألف سنة بعد الميلاد في شكل (ج)، عن:
Driscoll. D. M. 258

حقائق في غاية الخطورة

إن من أهم التحديات التي ستواجه أغنى الدول في العالم، مثل دولة الولايات المتحدة الأمريكية خلال السنوات القليلة القادمة، إنما تتمثل فيما يمكن أن ينجم عن هذه التغيرات المناخية المتوقعة، من آثار سلبية على سياسة هذه الدولة العملاقة وعلى علاقاتها العالمية. وهي تغيرات سوف تلعب دوراً أساسياً

في تحديد ورسم السياسة الأمريكية، وخاصة في عالم يشهد تغيراً جذرياً في ظروفه المناخية[1]. ويمكن أن ترتبط بها مجاعات تتفشى في بقاع شتى من الكرة الأرضية.

وقد تترتب عليها هجرات سكانية واسعة النطاق، علاوة عن تأثيرها في حجم الإنفاق على الطاقة، وفي تغير أنماط الإنتاج والاستهلاك والغذاء الإنساني. وقد حدى هذا الأمر بوكالة المخابرات المركزية إلى تكليف فريق الباحثين المتخصصين، في الدراسات المناخية والميتورولوجية، بإجراء دراسة تتناول تحليلاً لأهمية البحوث المناخية، في علاقاتها بمشكلات العالم المعاصرة، خاصة وأن هناك ما يشبه الإجماع، على أن الطقس العالمي سوف يتآمر في المستقبل القريب، على المنجزات الإنسانية، وعلى ما حققه الإنسان خلال قرون عديدة من الصراع مع الطبيعة[2].

المناخ والإنسان

ونحن إذ ندلي بدلونا في هذا الموضوع، نود أن نؤكد أننا لا نقصد العودة بالفكر الجغرافي إلى نظرية الحتم (Environmentalism)؛ حيث أن أفكار وآراء الآنسة (Miss Semple) سمبل وكذلك الأستاذ هنتجتون (E. Huntington) في كتاباتهما المتعددة قد أصبحت في ذمة التاريخ. ولم يعد يؤمن بها سوى قلة نادرة من الجغرافيين.

وما من شك في أن هنتجتون كان مبالغاً حينما ربط التاريخ كله، وبجميع تفاصيله وأحداثه بظروف المناخ وتغيراته. وقد طرحت فكرة صادرة عن فئة أخرى من العلماء عكفت على هدم نظريات سمبل وهنتجتون وإثبات بطلانها.

(1) د. أبو العز، تقلبات المناخ، ص3-12.

(2) د. أبو العز، مرجع سبق ذكره.



لكن ما يجب عمله هو إبراز أثر المناخ إذا وجد له أثر-، وتجنب إقحامه إذا لم يكن أثره ملموساً. وغني عن الذكر أنه في إطار الظروف المناخية خاصة؛ والطبيعية عامة للبيئة الجغرافية، يستطيع الإنسان أن يكيف نفسه، وأن يختار الطريق الذي يروق له داخل ذلك الإطار، الذي تقدمه البيئة الطبيعية. ومن منا ينكر أن درجات الحرارة تتغير من الصيف إلى الشتاء، وأننا بناءً على ذلك تغير ملابسنا بين فصل وآخر مع درجات الحرارة.

وخلاصة القول، إن أولى المراحل البشرية قد بدأت في إقليم معتدل المناخ، غير أن الإنسان فيما بعد استطاع أن ينتشر ويتكيف مع ظروف المناخ، حسب مدى قدرته على التحكم في هذا العامل الطبيعي، الذي ما زال رغم تقدمه العلمي حالياً إلا أنه يتحايل على الظروف المناخية، ولم يقهرها كغيرها من العوامل الطبيعية الأخرى في البيئة[1].

العصور التاريخية وأدلة حصول تغير في المناخ

ما من ريب في أنه إذا كان المناخ، في الأزمنة الجيولوجية الماضية، لم يختلف اختلافاً أساسياً عنه في وقتنا الحالي، إلا أن توزيع المناطق المناخية لم يكن كذلك في كلتي الحالتين، فأما عن العصور التاريخية، فعلى الرغم من أن الأدلة المؤيدة لتغير المناخ لا تزال تظهر كل يوم، إلا أن العلماء والباحثين لم يتفقوا على رأي قاطع بعد.

ونقصد بالعصور التاريخية هنا المعنى الشامل الذي تدل عليه. أي تشمل المدة التي توفرت عنها لدينا وثائق مكتوبة وهي السبع آلاف سنة الأخيرة[2].

---

(1) د. يوسف فايد، جغرافية المناخ والنبات، القاهرة، 1968م.

(2) Johnson, R. I.; The Green House Effect, Lerner Pub. Co. 1990.



وبالرغم من ندرة هذه الوثائق والمواد التي نستمد منها تلك الأدلة، وهي كثيرة ومتنوعة، إلا أن القليل منها هو مقنع بذاته. يضاف إلى هذا أن البحث الحديث يميل إلى تقرير أن جزءاً من العصور الجيولوجية المتأخرة- مما ثبت قطعاً أن ذبذبات مناخية قد حدثت فيه- كان معاصراً للعصور التاريخية في جهات أخرى من العالم.

ولقد حاول العديد من الباحثين تسفيه الآراء المتعلقة بالتغيرات المناخية، وذلك من خلال إثبات أن العالم سائراً نحو الجفاف سيراً تدريجياً، ولكن هذا الرأي خاطئ. بل من السهل تفنيده أو دحضه. ولكن النظرية السائدة في وقتنا الحالي، هي النظرية التي يؤيدها العديد من الحقائق والبراهين. حيث أن المناخ يتذبذب بحيث يعلو أو يهبط بالنسبة لمستوى العديد من الحقائق والبراهين. حيث أن المناخ يتذبذب بحيث يعلو أو يهبط بالنسبة لمستوى مصيره، مما يؤدي لحدوث موجات متعاقبة أو متناوبة، يسود فيها الحر أو البرد، المطر أو الجفاف. أما الأدلة التي يستند إليها العلماء والباحثين بهذا الصدد فهي تشمل الأدلة التالية:

1. البيانات المتعلقة بالأمطار وغيرها من الظواهر المناخية الأخرى، التي اهتم بها الجغرافي اليوناني في القرن الأول الميلادي كلاديوس بطليموس (Cloudius Ptolomy)، وحفظها في مكتبة الإسكندرية القديمة حينذاك بالإضافة لبيانات أخرى.
2. البيانات المتعلقة بالفيضانات والمتعلقة بفترات الجفاف.
3. البيانات المتعلقة بمواعيد بذر الحبوب وحصاد الغلات، وفي بعض جهات أوروبا توجد سجلات حددت فيها مواعيد جني الكروم منذ عام 1400م.
4. البيانات المتعلقة بالمواعيد التي تتجمد فيها مياه الموانئ والأنهار. وقد أمكن



تسجيل الأوقات التي تتجمد فيها المياه عند سواحل الدانمرك في فصل الشتاء منذ عام 1350م.

5. اختلاف اتساع المسافة بين الحلقات السنوية، التي تتدلى فيها جذوع الشجرة، وتشير إلى نموها وبنوع خاص الحلقات التي تظهر في أشجار السيكارز (Sequars) وهي أشجار تنمو في كاليفورنيا وربما تعمر لأكثر من ثلاثة آلاف عام.
6. التوزيع القديم لأشجار النخيل والكروم التي تتأثر بسرعة بالأحوال المناخية في مختلف بقاع العالم.
7. وجود الغابات المتحجرة وغيرها في جهات لا تكفي أمطارها الحالية، لنمو الغابات ووجود فحم البيت (Peat Bogs) في جهات جافة جداً في وقتنا الحالي(1).
8. وجود بقايا مراكز العمران في مناطق جغرافية، لا تساعد ظروفها المناخية حالياً على قيام المدن وسكنى البشر. ومن الأمثلة على ذلك خرائب مدينة تدمر Palmyra في بادية الشام. ويقال إن عدداً من السكان يزيد عن مئة ألف نسمة كانوا يقيمون فيها. بالرغم من أن الأمطار التي تسقط فيها حالياً لا تسمح بإقامة أكثر من ألف نسمة فقط! (2).
9. وجود آثار تدل على قيام الزراعة في مناطق لا يمكن زراعتها في الوقت الحالي وتتمثل في معاصر الخمر والزيتون.

---

(1) Hays, J. d.; J Imbrie, And N. J. Shacleton; Variation in the Earth Orbit, Peace Maker of the Ice Ages, Science, 194, 1976, PP. 1121-1132.
(2) Miller, A.; OP. Cit.

10. امتداد بعض الطرق حول البحيرات التي جفت في الوقت الحالي، وقيام بعض الجسور (الكباري) على مجاري مائية ليس بها ماء الآن.

11. وجود وسائل للري في جهات تعتمد في وقتنا الحالي، على مياه الأمطار، لأنها متوفرة، ثم امتداد قنوات قديمة من مجاري مائية جافة حالياً؟!.

12. بيانات خاصة تشير إلى تذبذب مستوى بعض البحيرات، مثل بحيرة فيكتوريا وبحر قزوين.

13. وجود شواطئ بحرية قديمة (بحيرة الأزرق) والبحيرة الأردنية القديمة في الغور[1]، مع وجود بحيرات أخرى جافة حالياً وأحواض مالحة أيضاً.

14. تقدم الأنهار الجليدية وتقهقرها على شمال أوراسيا وشمال أمريكا الشماليه أخيراً في الزمن الرابع.

15. وجود مدافن في جزيرة غرينلند في تربة متجمدة المياه، مع امتداد جذور النباتات في التوابيت، مما يشير إلى أن مسام التربة فيما مضى، حينما دفنت الجثث، كانت الظروف المناخية تسمح للنباتات بالنمو، بعكس الحال في وقتنا الحالي حيث أن تجمد التربة طيلة العام يحول دون ذلك.

16. هجرة الشعوب والجماعات من الجهات التي نشأت فيها، إلى جهات أخرى غير الموطن الأصلي، ربما لظروف مناخية (كالجفاف مثلاً)، حينما اندفعت موجة المغول في القرن الـ (13) م نحو بغداد، وهجرة قبائل بني سليم وبني هلال من هضبة نجد عام (470) هـ على تونس وغيرها. وقد أمكن الربط بين تلك الهجرات وبين الفترات التي ساد فيها الجفاف في مواطنهم الأصلية. على أنه يجب الدقة واحتراس عند دراسة هذه الأدلة

(1) د. علي حميدان، بحيرة الأزرق القديمة، مرجع سابق.

المادية، خشية أن يندفع الإنسان نحو الغاية التي يرمي إليها. فينسب إلى التغيرات المناخية ظاهرة من الظاهرات، التي قد تعزى في تكوينها إلى عوامل أخرى غير الظروف المناخية.

فإذا وجدنا مثلاً إن بعض المنشآت المتعلقة بأعمال الري قد أهملت، فإن إهمالها هذا قد يكون نتيجة لسوء الحكم... وفساد الإدارة، وإذا وجدنا مدناً مهجورة، فإن هجرانها قد يكون نتيجة لإهمال وسائل الري. كما أن هجرات الشعوب والجماعات من مواطنها الأصلية إلى مواطنها الحالية، قد يكون لأطماع توسعية والسيطرة على الآخرين ونهب ممتلكاتهم. وكذلك نمو أنواع من النباتات في أماكن لم تكن تزرع فيها من قبل ربما يكون نتيجة لوسائل الاستنبات وتحسين الفصائل والأنواع، أو غير ذلك، كما أن تغير مستوى سطح البحيرات أو الأنهار، قد يكون نتيجة للانتفاع بمياهها في مشاريع الري المختلفة (بحيرة طبريا) وبحر آرال وجر مياههما بالناقل المائي إلى صحراء النقب وصحراء كيسيل- كوم على التوالي. كما أن ظهور أنواع جديدة من الغلات الزراعية قد يقضي على الغلات القديمة. وكذلك الرمال المتنقلة التي تحملها الرياح، وتدفعها في طريقها قد تطمر أراضي الواحات الزراعية ومراكزها العمرانية؛ كما حدث في واحات الإحساء بالسعودية، وطمر العديد من المدن مثل مدينة جواثة والناصرة والكلابية والعمران الشمالية، وقرى مدينة العيون شمال الإحساء والكشف عن العديد من المساكن والمساجد التي تم دفنها تحت طبقات الرمال الكثيفة[1].

ولكن المؤشرات حالياً تشير إلى الدفيئة الأرضية، التي نجمت عن تزايد نسبة أكاسيد الكربون والكبريت والكلور وفلور وكربون، الأمر الذي أدى إلى

(1) د. علي حميدان، إقليم الإحساء وخطورة زحف الرمال على الواحات، 1995م.

تزايد درجة حرارة سطح الأرض تدريجياً؛ بالإضافة إلى تآكل طبقة الأوزون، وما يتمخض عنها في نتائج جد خطيرة، مما حدا بالدول الغنية أن تعقد المؤتمرات المتتالية كمؤتمر كيوتو في اليابان عام 1997م، وتخصيص مليارات الدولارات لمكافحة هذه الظواهر المناخية، الناجمة عن سوء استغلال الإنسان لموارد كرتنا الأرضية وارتفاع درجة حرارتها مستقبلاً....

وعليه، فهناك لقطات من تقلبات المناخ العالمي، مثل الطقس المتغير أو العودة إلى عصر جليدي جديد. كما كان في الماضي، والبعض يقول نحن على أبواب عصر جليدي جديد ولكن متى يطبق الجليد؟ وهذه نظرية التجمد الفجائي المباغت (Snow Blitz) أو يقال العصر الجليدي الصغير، كما حدث في مطلع القرن السابع عشر. وهناك من يعتقد أن أسباب حدوث العصر الجليدي ترتكز على نظريتين هما:

أ. نظريات تأثير البقع الشمسية (Sun Spots).

ب. ونظرية احتمال حدوث تغيرات في درجة ميل محور الأرض وتغير شكل مدارها.

بالإضافة إلى الآراء التي تشير على أن الأرض كان يغطيها الجليد منذ (600) مليون سنة خلت، وأن الولايات المتحدة تمثل سلة الخبز للمجتمع البشري حيث تسهم بنحو 75٪ صادرات الحبوب العالمية.

التنبؤ بالمستقبل

هناك اتفاق بين المتفائلين والمتشائمين حول مستقبل العالم، فعالم الفقراء سوف يعاني في العقود القادمة من نقص مستمر في احتياجاته الغذائية، بينما سيظل عام الأغنياء مشبعاً في احتياجاته الغذائية ومتخماً. وسوف يكون من



الصعوبة بمكان على الدول الغنية، الاستمرار في زيادة معدلات إنتاجهم من منتجات زراعية نباتية أو حيوانية إلى ما لا نهاية، الأمر الذي سوف يؤدي إلى تزايد الفجوة السحيقة بين العالمين (الغني والفقير) غوراً وعمقاً، وسوف يستمر الاعتماد على الزراعة الأمريكية بشكل متصاعد ومتنام. هذا مع افتراض بقاء الظروف المناخية الحالية على ما هي عليه، خلال العقود أو القرون القادمة. كما ظهرت في الآونة الأخيرة ظاهرات مناخية مثل ظاهرتي النينو El-Nino وظاهرة النينا El-Nina في سواحل المحيط الهادي الغربية والشرقية.

ظاهرة النينو (El-Nino)

ما هي ظاهرة النينو؟

كلمة النينو بالإسبانية تعني الطفل حديث الولادة أو تعني الولد الطفل (Boy Child) وربما جاءت هذه الكلمة من الألفاظ العربية، التي دخلت إلى اللغة الإسبانية. وأن تكون محرفة عن الكلمة العربية. كما أن الهنود الحمر الذين كانوا يعيشون في أمريكا الجنوبية، يطلقون اسم "النينو" على المياه الدافئة في المحيط الهادي، التي تظهر عند شواطئ بيرو والإكوادور أيام عيد الميلاد. حيث كان يرافق ظهور تلك المياه في فصل الشتاء اضطرابات جوية عنيفة، وتسقط فيه أمطار غزيرة تؤدي لحدوث فيضانات وسيول جارفة.

وتؤثر هذه الظاهرة على مناخ العديد من مناطق العالم المختلفة، حيث تؤدي في بعض المناطق إلى سقوط أمطار غزيرة، وحدوث فيضانات مدمرة. كما تؤدي في مناطق أخرى إلى انتشار الجفاف، وتلحق بالنظام البيئي أضراراً فادحة.

وفي الواقع فإن هذه الظاهرة لها تأثير كبير على مناخ العالم، يتفاوت من منطقة إلى أخرى. فبينما يؤدي في بعض المناطق إلى ارتفاع ملحوظ في درجة الحرارة، فإنه يؤدي في مناطق أخرى إلى انخفاضها. ونتيجة للتأثير الكبير لهذه

الظاهرة على مناخ الكرة الأرضية، فإن بعض علماء المناخ يضعها في المرتبة الثالثة بعد الفصول الأربعة وتعاقب الليل والنهار[1].

وبالرغم من الأهمية الكبرى لهذه الظاهرة، ومن كونها ظاهرة قديمة تحدث منذ ملايين السنين بشكل شبه دوري، إلا أنها لم تنل من اهتمام الباحثين والعلماء، إلا في العقود الثلاثة الأخيرة، ولاسيما حينما بدأت تأثيراتها تظهر على مناخ الكرة الأرضية منذ شتاء عام 1982م، وما تمخض عنها من خسائر جمة، تسببت فيها في ذلك العام بحيث تجاوزت الثمانية مليارات دولار.

ما هي أسباب حدوث ظاهرة النينو في العالم؟

لقد أدى تفاعل الغلافين الجوي والمائي على إحداث هذه الظاهرة المناخية. ففي الظروف الاعتيادية التي لا تترافق مع حدوث ظاهرة النينو، يتشكل الضغط الجوي المرتفع في الجزء الشرقي للمحيط الهادي بالمنطقة المدارية والمحاذية لسواحل أمريكا الوسطى والجنوبية، بينما يتكون ضغط جوي منخفض فوق الأرخبيل الأندونيسي وشمال أستراليا، أي في غرب المحيط الهادي. ويؤدي هذا الوضع إلى نشوء تدرج في الضغط الجوي، يسهم لحد كبير في هبوب الرياح التجارية في المنطقة المحاذبة للدائرة الاستوائية (5 شمالاً وجنوباً) باتجاه الغرب، دافعة أمامها المياه السطحية الدافئة فوق الجزء الشرقي من المحيط الهادي (سواحل بيرو وأمريكا الوسطى) نحو الغرب، لتكون في النهاية كتلة مائية سطحية ساخنة، ضخمة بالقرب من الساحل الشرقي لأندونيسيا وشمال أستراليا. ونتيجة لوجود كميات هائلة من المياه، ذات الحرارة العالية في الساحل الغربي للمحيط الهادي، فإن الأرخبيل الأندونيسي سوف يتعرض لحدوث أعنف العواصف الرعدية،

(1) WMO UNEP.; Climate Change, Cambrige University Press, 1992, PP. 8-19, 25-52.

فوق سطح القشرة الأرضية، حيث أن المياه الدافئة سوف تؤدي إلى تزايد نسبة التبخر، من المسطحات المائية (المحيط الهادي)، بالإضافة إلى أن ارتفاع درجة الحرارة السطحية، للمياه السطحية سوف يؤدي إلى تكون حالة من عدم الاستقرار الجوي.

ونتيجة لذلك يزيد ارتفاع مياه المحيط في هذا الجزء بنحو نصف متر مقارنة بنظيره على ساحل الإكوادور، في غرب أمريكا الجنوبية وذلك لسببين رئيسيين هما:

أ. ارتفاع الضغط الجوي فوق الجزء الشرقي وانخفاضه في الجزء الغربي.

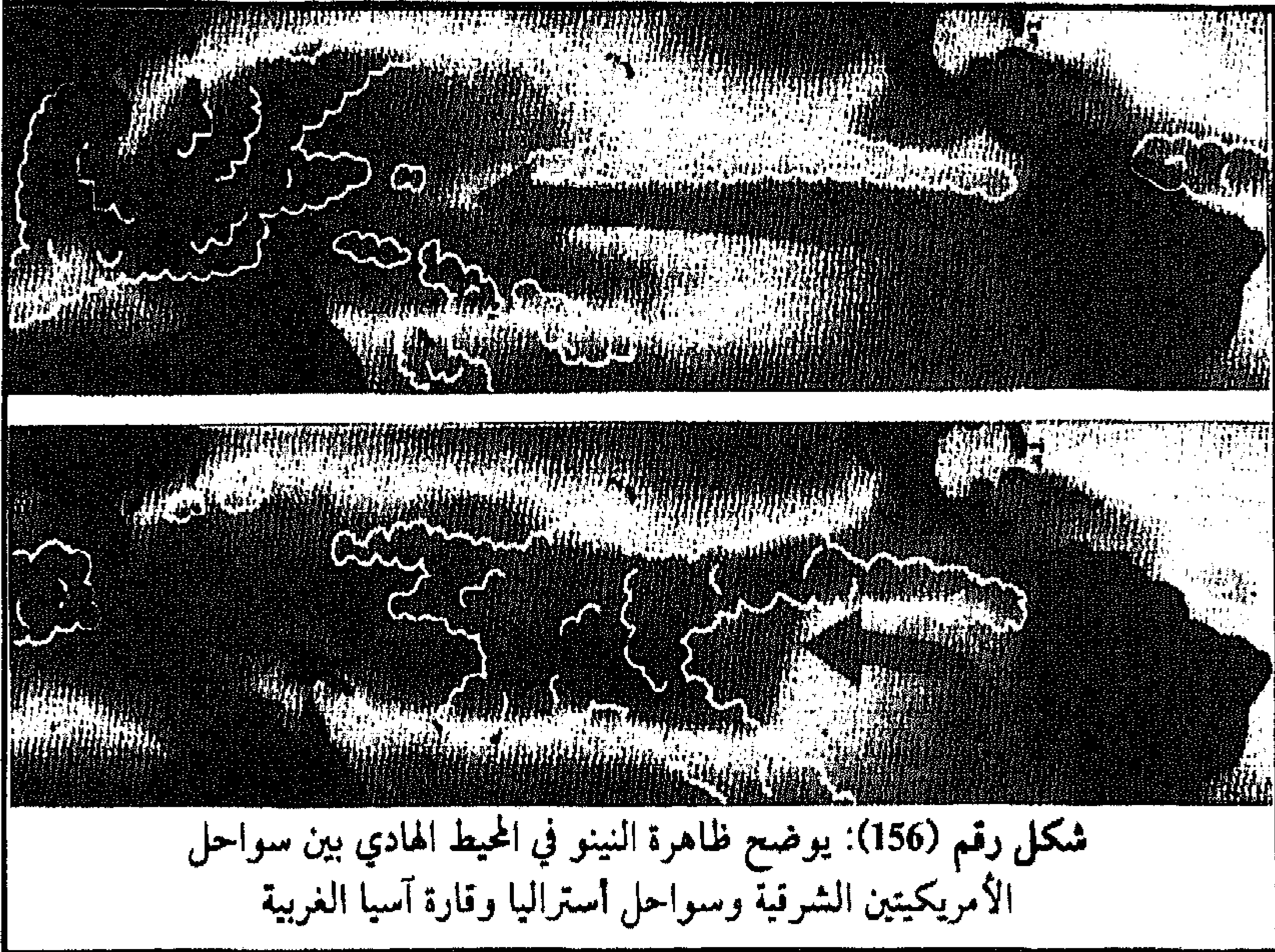
ب. انخفاض كثافة المياه الدافئة فوق الساحل الغربي للمحيط الهادي مقارنة بالمياه الباردة فوق الساحل الشرقي المحاذي للسواحل الغربية لأمريكا الجنوبية، حيث ترتفع درجة حرارة مياه المحيط الهادي في الساحل الغربي المحاذي لسواحل أندونيسيا وأستراليا والفلبين مقارنة بالساحل الشرقي بنحو ثماني درجات مئوية[1].

ونتيجة لوجود الرياح التجارية التي ترفع المياه السطحية، نحو الساحل الغربي للمحيط الهادي المحاذي للإكوادور والبيرو باتجاه أندونيسيا وشمال أستراليا، فإنه يؤثر على ديناميكية التوازن المائي في تلك المنطقة حيث يتمخض عن ذلك صعود المياه الباردة من أعماق تتراوح ما بين (100- 200) متر وذلك لتعويض المياه التي انجرفت غرباً بوساطة الرياح التجارية نحو الساحل الغربي للمحيط الهادي، أما المياه الباردة القادمة من أعماق المحيط فترتفع ومعها كميات هائلة من العناصر الغذائية التي تقتات عليها الأحياء البحرية المختلفة، الأمر

(1) (شكل 156) يوضح توزيع الحرارة فوق اليابس والماء في كل من المحيط الهادي والمحيط الأطلسي، وانعكاس ذلك على ظاهرة النينو)، عن غلاب، ص 137.

الذي جعل سواحل الأكوادور والبيرو من أكثر مناطق العالم غنى بالثروة السمكية والأحياء المائية بوجه عام.

ويرتبط حدوث هذه الظاهرة (النينو) في بعض السنوات دون غيرها، بضعف مفاجئ يصيب الرياح الشرقية، مما يؤدي لانحسارها وحلول رياح غربية مكانها. ولا يستطيع العلماء حتى الآن تفسير الأسباب التي تؤدي إلى ضعف الرياح الشرقية في تلك السنوات دون غيرها. لكنهم يجمعون على أن الرياح الغربية التي تحل مكانها تقوم بدفع كتلة المياه الدافئة التي تجمعت خلال فصل الصيف. في منطقة الأوقيانوسية وأندونيسيا نحو الشرق (سواحل الأمريكيتين وخاصة الوسطى والجنوبية)، بحيث تصل إلى سواحل البيرو في أواخر شهر كانون أول وأوائل كانون ثاني، خاصة أيام عيد الميلاد. ولهذا كان السكان المحليون يطلقون عليها اسم نينو بمعنى الطفل حديث الولادة.



شكل رقم (156): يوضح ظاهرة النينو في المحيط الهادي بين سواحل الأمريكيتين الشرقية وسواحل أستراليا وقارة آسيا الغربية

وبعد مرور فترة من الزمن تتراوح ما بين ثلاث إلى سبع سنوات على

الوضع الآنف الذكر- أي في الفترة التي لا تترافق مع حدوث ظاهرة النينو- ونتيجة لآلية التغذية الراجعة المعقدة بين مياه المحيط الهادي في المنطقة المدارية، والغلاف الجوي الذي يعلوه مباشرة، أو ما يمكن تسميته بالتفاعلات الديناميكية الداخلية للنظام (Internal Dynamic System)، الأمر الذي يؤدي إلى ضعف في الرياح التجارية، التي تهب من الجزء الشرقي للمحيط الهادي، نحو المناطق الغربية منه (سواحل أندونيسيا وأستراليا). ويصاحب ذلك ضعف في انحدار الضغط الجوي، وفي بعض الأحيان يحدث تغير في مواقع مراكز الضغط الجوي، بحيث يسود ضغط حوي مرتفع فوق شمال أستراليا وشرقي أندونيسيا، وضغط جوي منخفض فوق الحوض الشرقي للمحيط الهادي (سواحل أمريكا والأكوادور وبيرو). وتدعى هذه الظاهرة الجوية البحرية بالتأرجح الجنوبي (The Southern Oscillation)، وعند حدوث ذلك تضعف الرياح التجارية أو تغير اتجاهها، بحيث تنجرف المياه الساخنة المتراكمة في الجزء الغربي للمحيط الهادي. أي من شرق أندونيسيا وشمال أستراليا نحو جزئه الشرقي (غرب أمريكا الجنوبية والوسطى)، وتستغرق رحلة المياه في هجرتها من الساحل الغربي للمحيط الهادي إلى ساحله الشرقي نحو تسعة أشهر.

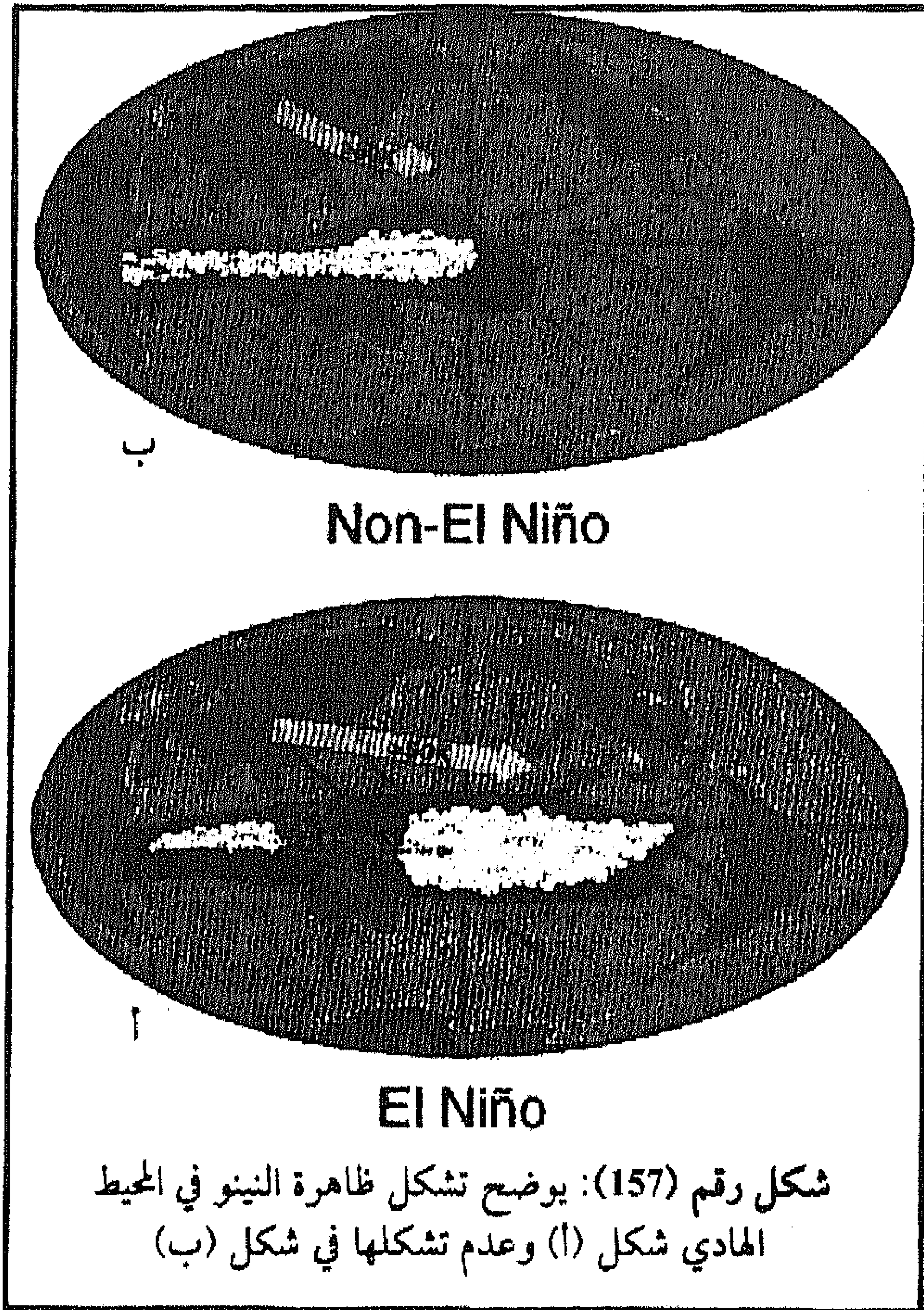
وعليه، فإننا ندرك أن ظاهرة النينو هي ظاهرة محيطية وجوية في آن واحد، وأن تكونها ناجم عن عدة عمليات تغذية راجعة معقدة، بين الغلاف الجوي من جهة ومياه المحيط الهادي من ناحية أخرى.

ويلاحظ أن هذه الظاهرة المناخية الهيدرولوجية، لا تحدث إلا في المحيط الهادي فقط، ولا تتكون في المحيطين الأطلسي والهندي على الإطلاق. ويعزى ذلك لاتساعه الكبير، مما يسمح بوجود مسطح مائي، واسع متجانس الخصائص والسمات. بينما نجد أن ضيق المساحة للمحيطين الأطلسي والهندي يجعل التأثيرات العادية عليهما واضحة المعالم.



ومن البديهي أن التفاوت في تسخين وتبريد كل من المناطق القارية ومياه المحيطات، يؤدي إلى تكون فروق بينهما خلال الفصول الأربعة، والتي بدورها تؤثر على حركة الرياح بين اليابس والماء. كما أن سعة المحيط الهادي الشاسعة تؤثر هي الأخرى على عبور الأمواج الاستوائية كوكبية المقياس (Planetary – Scale equatorial waves). بينما نجد أن ضيق كل من المحيطين الأطلسي والهندي عند عبور هذه الأمواج لمياههما خلال فترة زمنية قصيرة نسبياً، مما يقلل لحد كبير من استجابة مياه كل من هذين المحيطين، لتغيرات سرعة الماء على وجه السرعة. أما فيما يتعلق بالمحيط الهادي، فإن الفترة الزمنية التي تقضيها هذه الأمواج المحيطية تكون جد طويلة نسبياً، ومن ثم فإن مياه المحيط الهادي تستجيب ببطء لتغيرات سرعة الرياح. وعليه، فإن الاستجابة البطيئة لمياه المحيط الهادي تسمح بأن يبتعد النظام الجوي والمائي فوقه، عن حالة الاتزان، مما يؤدي بالتالي لحدوث شذوذات مناخية بين السنوات المتتالية (Inter annual climate anomalies) تكون جد كبيرة في مياهه السطحية، مقارنة بالمحيطين الأطلسي والهندي.





شكل رقم (157): يوضح تشكل ظاهرة النينو في المحيط الهادي شكل (أ) وعدم تشكلها في شكل (ب)

ويبدو أن هذين العاملين الآنفي الذكر، يمثلان الركن الأساس في تكوين ونشوء هذه الظاهرة (النينو) في المحيط الهادي. ونتيجة للتفاعلات المعقدة بين الغلافين- الغلاف الجوي والغلاف المحيطي- يتأرجح النظام الجوي- المحيطي في المحيط الهادي ما بين حالة من الاستقرار النسبي (Neutral)، إلى حالة عدم الاستقرار (Unstable) تؤدي إلى حدوث كل من ظاهرتي النينو والنينا.

ويتم تتبع هذه الظاهرة (النينو)، باستخدام وسائل عدة منها مجسمات الأقمار الصناعية، والمحطات العائمة (buoys)، والسفن المستخدمة في أبحاث النينو مثل ال (TAO) أي (Tropical Ocean Atmosphere)، حيث يتم قياس



درجة حرارة المياه السطحية، وتحت السطحية، وسرعة واتجاه الرياح والتيارات البحرية. كما يتم نقل هذه المعلومات مباشرة، إلى مراكز البحث العلمي التي تتولى تتبع تكون هذه الظاهرة. ويتم دمج المعلومات المرصودة من الوسائل الآنفة الذكر، لتستخدم كمدخلات في النماذج المناخية الثلاثية الأبعاد، أو ما يعرف بأكثر نماذج الدورة الهوائية العامة (General Clirculation Computer Models)، والتي تتولى التنبؤ بحدوث النينو وآثارها المناخية، على النطاقين الكوكبي والإقليمي. وحينما تتكون ظاهرة النينو، فإنها تستمر ما بين (14-22) شهراً ثم تختفي بصورة فجائية وسريعة، ويعقبها في بعض السنوات حدوث ظاهرة أخرى تدعى النينا (La Nina). وهي تلك الظاهرة التي تنخفض فيها درجة حرارة ماء المحيط الهادي، في وسطه وشرقه بصورة كبيرة مقارنة مع المعدل العام. فعلى سبيل المثال حدث بعد نينو عام 1998، حدوث ظاهرة النينا، فانخفضت درجة حرارة سطح مياه المحيط الهادي، خاصة في جزئه الشرقي والأوسط درجة مئوية واحدة تحت المعدل، بينما سجلت أثناء ظاهرة النينو درجة مئوية فوق المعدل، أي حدوث انخفاض درجتين مئويتين على درجة حرارة المياه السطحية للمحيط الهادي خلال فترة وجيزة لمدة أشهر.

ولحسن الحظ فإن الأقمار الاصطناعية الأمريكية، والفرنسية واليابانية والروسية والصينية وغيرها، تقوم وعلى مدار الساعة- بمراقبة تجمع تلك المياه واستشعار درجة حرارتها، وتحديد مساحتها وتغير سمكها؛ ومن ثم تزود المراكز العلمية الرئيسة لأبحاث الغلاف الجوي بتلك البيانات، مما يمكن العلماء من التنبؤ الدقيق، بموعد حدوث النينو وبالتغيرات الرئيسة التي سوف يحدثها. وتمثل تلك المراقبة المشتركة تعاوناً وثيقاً، من قبل تلك الدول في مجال استخدام الفضاء للأغراض السلمية. وقد أثمر ذلك التعاون بشكل جلي في مراقبة نينو عام 1997/ 1998م، والذي كانت تلك الأقمار قد رصدته قبل حدوثه، ونبهت إلى



اتساعه وقوته، وإلى مدى ضخامة التأثيرات المتوقعة له على مناخ الكرة الأرضية[1].

الآثار المترتبة على ظاهرة النينو في العالم

حينما تتحرك المياه الساخنة باتجاه الشرق، يزداد التبخر من المسطحات المائية، وتزداد تبعاً لذلك كمية بخار الماء في الجو. ونتيجة لذلك ينخفض الضغط الجوي، ويصبح الهواء في الطبقات الجوية السفلى مائلاً لعدم الاستقرار. أي يميل للارتفاع للأعلى. ونتيجة لتغير الضغط الجوي وتغير التركيب الرأسي لدرجة الحرارة في طبقة التروبوسفير، التي تمتد لنحو (18) كم فوق سطح الأرض، وكذلك تغير درجة حرارة سطح الماء، فإن ذلك يؤدي إلى تغيرات هامة على ديناميكية حركة الهواء، في العروض المدارية والمناطق المعتدلة، خصوصاً في نصف الكرة الغربي وينجم عن ذلك انحباس الأمطار في أندونيسيا وماليزيا وأستراليا، والهند والقرن الإفريقي وجنوب شرق إفريقية، كما يزداد تكرار حرائق الأعشاب في تلك البيئات. وفي المقابل تزداد الأمطار في دول غرب أمريكا الجنوبية وجنوب غرب وجنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية، نتيجة لهذا الحدث المناخي. فمثلاً سجلت شمال البيرو عام 1998م، كمية من الأمطار أكثر بنحو 26 مرة عن المعدل السنوي، مما أدى لحدوث انزلاقات أرضية، وفيضانات طينية وتشكل بحيرات واسعة المساحة في القيعان الصحراوية المغلقة.

أما في الولايات المتحدة، فإن التيار النفاث (Jet Stream) ينحدر جنوباً ليتركز بالقرب من خليج المكسيك، ويؤدي ذلك إلى ازدياد الأمطار في جنوب وجنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية. كما يرافق ظاهرة النينو انخفاض في

(1) UNEP. The Impact of Climate Change, UNEPl Gems Environment Library No. 10, 1993 PP. 10-30.

نشاط الأعاصير المدارية (Tropical Cyclones) في المحيط الأطلسي، من حيث العدد والشدة وتزايد لها في المحيط الهادي. حيث يبلغ متوسط عدد الأعاصير في المحيط الأطلسي في الظروف الاعتيادية. نحو تسعة أعاصير في السنة مع عدم وجود ظاهرة النينو. ولكنها تنخفض عند حدوث النينو لتصل إلى خمسة أعاصير فقط، لتزداد عند حدوث ظاهرة النينا (El Nina) إلى (13) إعصاراً. وقد صاحب حدوث النينا عام 98/ 1999م تكون إعصار فلويد (Flyod)؛ والذي يعتبر من أعنف الأعاصير المدارية التي تضرب جمهوريات الموز في أمريكا الوسطى (دول البحر الكاريبي)، وجنوب شرق الولايات المتحدة خلال القرن ال (20)م الماضي. كما يوافق ظاهرة النينو تزايداً كبيراً في عدد العواصف الرعدية، التي تحدث في خليج المكسيك والمناطق المجاورة له خلال فصل الشتاء[1]. حيث يصل عدد أيام العواصف الرعدية في تلك المنطقة لنحو (33) يوماً في سنوات النينو، مقارنة بنحو (15) يوماً بالنسبة أثناء سيادة ظاهرة النينا.

الآثار البيئية والاقتصادية لظاهرة النينو

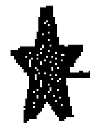
ففي الظروف الاعتيادية التي لا تتزامن مع ظاهرة النينو، تهب رياح تجارية شرقية، تقوم بنقل المياه السطحية الدافئة من الجزء الشرقي للمحيط الهادي نحو الأوقيانوسيا (Oceania)، ويؤدي ذلك إلى صعود (Upwelling) مياه الطبقات السفلى، بجانب مساهمة التيارات البحرية والقوة الكورولية، لدفع المياه نحو الجزء الغربي لأمريكا الجنوبية؛ وخاصة على سواحل البيرو والإكوادور، جالبةً معها العناصر الغذائية للمياه السطحية، مما يجعل شواطئ هذه الدول غنية جداً بالثروة السمكية، وتقدر كمية الأسماك التي يتم اصطيادها في سواحل البيرو في

(1) UNEP.; The El-Nino Phenomenon (UNEP / GEMS Environment Library, No. 8, 1992, PP. 6-25.

الظروف العادية بنحو (13) مليون طن سنوياً، وينعكس الوضع الذي ساد قبل حدوث النينو رأساً على عقب بعد حدوثه. حيث تتراكم المياه السطحية الساخنة في الجزء الشرقي للمحيط الهادي، مما يؤدي إلى إلحاق أضرار هائلة بالثروة السمكية، على السواحل الغربية في كل من التشيلي والبيرو. ونتيجة لذلك تتعرض الدول الآنفة الذكر إلى خسائر اقتصادية كبيرة.

هل يمكن منع وقوع ظاهرة النينو؟

اقترح بعض العلماء أو بالأحرى علماء القصص الخيالي (Science Fiction) بعض الوسائل لمنع حدوث ظاهرة النينو، وتتلخص هذه الوسيلة بجر الجليد من القارة القطبية الجنوبية، نحو مياه المحيط الهادي التي يتكون فيها النينو، ولكن قبل الاسترسال في مثل هذه الفكرة، دعنا نتعرف على إمكانية نجاحها. إن كمية تغير الطاقة في مياه المحيط الهادي، الناجمة عن تغير درجة الحرارة أثناء النينو هائلة جداً. وإذا ما افترضنا أن عمق الطبقة المتأثرة من مياه المحيط، تبلغ (50) متراً فقط، وأن التغير في درجة الحرارة هو (2) درجة مئوية، فإن وحدة مساحة متر مربع واحد لهذا العمق، يلزمها نحو (1.2) طن من الجليد، لإرجاع درجة حرارة المحيط إلى سابق عهده، وإذا ما علمنا أن المنطقة المتأثرة، تغطي عدة عشرات من ملايين الكيلومترات المربعة، أدركنا أن كمية الجليد اللازمة سوف تكون لها تأثيرات مناخية كبيرة وسوف يصل الجليد، المجرور إما في نهاية الظاهرة أو بعد انتهائها؟! وفي حالة جره، فإنه سوف يزيد الوضع سوءاً، لأنه سيساهم في تعظيم ظاهرة النينا، وعلى أية حال، فإن التكلفة الاقتصادية المترتبة على جر الجليد، سوف تكون بعشرات أو حتى بمئات المرات أكثر من الخسائر التي سوف تتمخض عن هذه الظاهرة المناخية/ الهيدرولوجية.



ما هي ظاهرة النينا (La Nnina) (El Nina)

عند تكون ظاهرة النينو (El Nina)، فإنها تدوم ما بين (14-22) شهراً، وتختفي هذه الظاهرة المناخية بصورة سريعة. ويعقبها في بعض السنوات حدوث ظاهرة النينا (La Nina)، وهي تلك الظاهرة المناخية، التي يؤدي ظهورها بعد النينو إلى انخفاض درجة حرارة مياه المحيط الهادي، خاصة في وسطه وفي ساحله الشرقي (الإكوادور وبيرو وأمريكا الوسطى)، بصورة كبيرة نسبياً، إذا ما قورنت مع المعدل النسبي السائد قبل حدوث النينا.

فعلى سبيل المثال، حدث بعد وقوع ظاهرة النينو عام 1998م، حدوث ظاهرة النينا (La Nina)، فأدى ظهورها هذا، إلى انخفاض درجة حرارة سطح مياه المحيط الهادي، خاصة في ساحله الشرقي والأوسط بنحو درجة مئوية واحدة، تحت المعدل السائد بالمحيط، بينما سجلت ظاهرة النينو درجة مئوية فوق المعدل العام للمحيط. أي حدوث انخفاض درجتين مئويتين عن درجة حرارة المياه السطحية للمحيط الهادي، خلال فترة وجيزة لا تتجاوز عدة أشهر فقط.

تصنيف حالات ظاهرة النينو

استطاع علماء البحث العلمي في المناخ، التمييز بين ثلاث فئات لحالات هذه الظاهرة، تبعاً لشدة كل منها واتساع المنطقة الجغرافية التي تتركز فيها كتل المياه التالية وهي:

أ. الفئة الأولى وتشمل حالات النينو التي يزيد فيها الشذوذ الحراري، لكتلة المياه الدافئة المتجمعة في منطقة الأوقيانوسية خلالها من درجتين مئويتين، وتقع هذه المياه الساخنة فيما بين خطي طول (160) شرقاً ونحو (80) غرباً[1].

(1) Ibid.

ب. أما الفئة الثانية فهي الأضعف من الفئة الأولى، فتشمل حالات النينو التي يتراوح خلالها الشذوذ الحراري بين صفر إلى د رجتين مئويتين وتتركز المياه الدافئة في هذه الفئة بين خطي طول (120) شرقاً و(80) غرباً. حيث تمتاز ظاهرة النينو في هذه الفئة بامتداد تأثيرها المناخي إلى مناطق شاسعة من سطح الأرض.

ج. أما الفئة الثالثة فهي الفئة الضعيفة التي يقتصر تأثيرها فقط على الحوض الشرقي للمحيط الهادي ولا تتعداه خارجاً.

شكل رقم (158): يوضح ظاهرة النينا وحدوث البرودة في مياه المحيط الهادي خلال الفترة الممتدة ما بين كانون أول وشباط

الجزيرة الحرارية (Heat Island)

يطلق مصطلح الجزيرة الحرارية، على ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة في المدن الكبرى عنها في المناطق الريفية المحيطة بها. فقد أثبت عدد كبير من الباحثين في علم المناخ أن درجة الحرارة العظمى لوسط المدينة تزيد عنها في مناطق الريف المجاور لها ما بين (2-5) درجات مئوية في المعدل. ومع ذلك يتفاوت هذا المعدل من مدينة لأخرى/ فالجزيرة الحرارية لمدينة نيويورك تبلغ نحو (5.8)م؛ بينما تصل



في مدينة مكسيكو سيتي إلى نحو (10.5°) مئوية. (شبكة الإنترنـت)، (أو الشـبكة الداخلية).

وتعتبر الجزيرة الحرارية ظاهرة مناخية أوجدها الإنسان نتيجة تغييره لـنمط استخدامات الأرض داخل المدينة أو المدن، من خلال اجتثاثه لمساحات شاسـعة من الأشجار والأراضي الزراعية، واستبدالها بأحياء سكنية مبنيـة مـن الخرسـانة المسلحة، وبالشوارع الإسفلتية وأرصفتها، بجانب مواقف السـيارات والقطـارات والمطارات الدولية والمحلية. وأرصفة الموانئ في المدن الساحلية، كلها مجتمعة أدت من بين ما أدت إلى الفروق الحرارية بين أوساط المدن وأريافها المحيطة بها.

ولا ننسَ أن وجود الأشجار وما تنتجه من نـتح وتبخـر، وتـوفير الظـلال يقلل لحد كبير من تزايد درجة الحرارة، ويساعد على تبريد بيئة المدينة الحضـرية، أضف على ذلك أن تعبيد سطح الأرض، سواءً في شوارع المدينة أو المطارات أو الموانئ، يؤدي إلى تزايد الجريان المائي عند تعرض المدينة للعواصف الرعدية التي تعقبها الأمطار الغزيرة، كما أن سفلتة الشوارع تلك، يـؤدي إلى تقليـل التسـرب من الرطوبة إلى التربة.وعليه، فالمناطق التي تكثر فيهـا الأشـجار، تظهـر كمنـاطق خضراء. وقد التقطت إحدى الصور الجوية لمدينة بـاتون روج (Baton Rouge) في ولاية لويزيانا الأمريكية، التقطتها ظهر يـوم الاثـنين الموافـق 18/ 5/ 1998م، كاميرا خاصة من على طائرة تابعة لوكالة الفضاء الأمريكيـة تحلـق علـى ارتفـاع (2) كم. واتضح من قياس درجة حرارة تلك المناطق، باستخدام عدد كـبير مـن مقاييس الحرارة الخاصة، إن درجة حرارتها قد وصـلت إلى (25) م. أمـا أسـطح المباني السكنية وغيرها من المنشآت الحضرية، التي تمتص معظم الأشعة الشمسـية الواصلة إليها، ولا تعكس منها إلا القليل، فتظهـر في الصـورة بقـع حمـراء تزيـد درجة حرارتها عن (65) مئوية.

ولكن ما هي آثار الجزيرة الحرارية؟

حينما تشتد وطأة الحر في فصل الصيف خاصة في أواسط المدن الكبرى، يشعر السكان فيها بالضيق من الحرارة العالية، الأمر الذي يدفعهم لاستخدام وسائل التبريد والتكييف، لتخفيف حدّة الحر داخل المدن الكبرى. ويقدر أحد الباحثين ويدعى لاماشيا (La Macchia) أن الجزيرة الحرارية لمدينة لوس أنجلوس، تزيد من تكاليف استخدام الطاقة خلال أشهر الصيف، بمعدل مئة ألف دولار في الساعة، وطبقاً للدراسات التي أجراها قسم الطاقة التابع لمختبرات بيركللي الوطنية في كاليفورنيا، فقد اتضح أن الولايات المتحدة تتكبد سنوياً، بسبب هذه الظاهرة المناخية ما بين خمسة إلى عشرة مليارات أخرى؛ بسبب الأمراض الناجمة عن انتشار الضباب الدخاني، وتآكل طبقة الأوزون. وأن مدينة لوس أنجلوس تتكبد سنوياً نحو (350) مليون دولار، من ارتفاع تكاليف استخدام الطاقة ونحو (350) مليون دولار أخرى من انتشار الضباب[1].

وتقدر الزيادة في تكاليف الطاقة المستخدمة في التبريد لمدينة يصل تعدادها إلى نحو (100) ألف نسمة بنحو (1.5-2٪) كلما ارتفعت درجة حرارتها 0.6 درجة مئوية.

إجراءات الحد من الجزيرة الحرارية

أصبحت ظاهرة الجزيرة الحرارية في أيامنا هذه، من الظواهر المناخية المهمة التي تؤثر على الموازنات المالية للمدن الكبرى، تأثيراً خطيراً، ولهذا فقد خصصت لها وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA)، وعدد آخر من مراكز البحث العلمي الأخرى في الولايات المتحدة للمدن برامج بحثية رئيسة لرصدها، وتحديد مداها

(1) Ibid.

وتقدير الخسائر الناجمة عنها؛ واقتراح أفضل السبل لمعالجتها. ويتم حالياً رصد تلك الظاهرة في عدد من المدن الأمريكية، مثل لوس أنجلوس وسكر منتو وسولت ليك سيتي ونيويورك وأتلانتا وغيرها.

ويمكن تلخيص أهم الاستراتيجيات المستخدمة، للحد من تأثير الجزيرة الحرارية في زراعة المزيد من الأشجار وزيادة الرقعة الخضراء في المدينة، وتبييض المباني من الخارج واستخدام مواد بناء فاتحة اللون، فالأشجار تحد من تأثير الجزيرة الحرارية، وتخفض معدلات استهلاك الطاقة، بوسيلتين رئيسيتين، هما التظليل والنتح. أما دور التظليل فمن السهل قياسه وتقديره، حيث يقدر الباحثون أن يؤدي تشجير المدن الأمريكية، بالشكل المناسب إلى تخفيض نفقات استخدام الطاقة بما نما نسبته بين (20-25٪). وأن تقلل من تكلفة تبريد سكن واحد مظلل تظليلاً جيداً في فلوريدا بنحو (40٪)، وأن يؤدي التظليل لمسكن واحد في وسط بنسلفانيا، إلى خفض فاتورة الكهرباء المستخدمة للتبريد بنحو (75٪).

وعلى النقيض من التظليل، فإن دور النتح في الحد من تأثير الجزيرة الحرارية، يصعب قياسه وتقديره بدقة. لكن هناك عدداً من النماذج المناخية، تشير على أن زراعة ثلاثة أو أربع شجرات في الأماكن المواجهة للشمس من كل بيت، يمكن أن يخفض من تكاليف التبريد في مدينة مثل مدينة سكرنتو (Sacranmento) في ولاية كاليفورنيا بما نسبته (30٪). وفي مدينة مثل مدينة فونيكس (Fonix) بولاية أريزونا نحو (17٪) وفي ليك شارلز في لويزيانا (23٪). ويساهم التظليل بما نسبته بين (10- 35٪) من تلك التخفيضات؛ بينما يعود الباقي للنتج الصادر عن الأشجار القائمة حول تلك المدن[1]، إلى عشرة أمثال،

(1) Griffiths, J. F. and Driscoll, d. M.; OP. Cit.



كلما ازداد الفرق في درجة الحرارة بين وسط تلك المدينة، والمناطق الريفية المجاورة لها درجة مئوية واحد.

تركز الصناعة في المدن

ما من شك في أن تأثير الصناعة بمختلف أنواعها ومستوياتها الخفيفة والثقيلة لها دور بارز في الجزيرة الحرارية، التي تنشأ فوق أجواء المدن الصناعية التي يزداد فيها التلوث بأشكاله الأرضية والمائية والغازية، بينما تقل هذه المؤثرات في المدن غير الصناعية.

الخصائص المناخية

تعمل خشونة سطح المدن الكبرى على خفض سرعة الرياح. كما أن تعبيد مساحات كبيرة من المدينة، تعمل على تقليل التبخر وترفع من درجة الحرارة.

ويبلغ الاختلاف في درجة الحرارة بين المدينة والريف أقصاه في ساعات الصباح الأولى، حيث يظهر ذلك جلياً في الخرائط التي تبين التوزيع الجغرافي لدرجة الحرارة الصغرى، ويقل في الأيام التي يتوقف فيها العمل. مثل العطل الرسمية وعطل نهاية الأسبوع، ومن الآثار المهمة للجزيرة الحرارية على مناخ تلك المدن، خفض احتمالات الصقيع وزيادة طول فصل النمو، كما تصبح الانعكاسات الحرارية اقل حدوثاً[(1)].

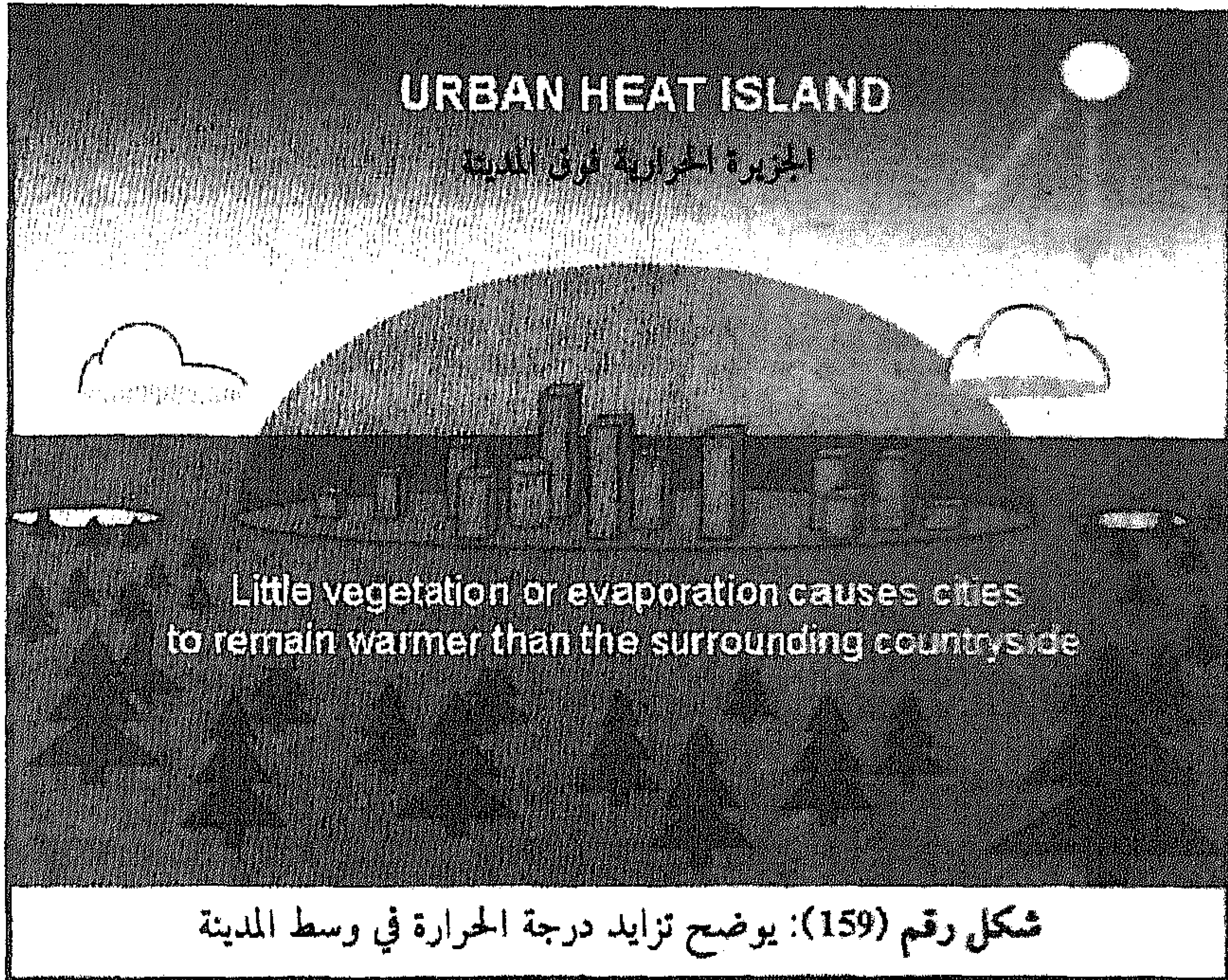
التوزيع الجغرافي للجزيرة الحرارية في المدينة

ظهر من التسجيلات المناخية على أن مركز المدينة يمثل أعلى حد للحرارة

---

(1) Odum, E.; Fundamentals of Ecology, 3rd. ed. Saunders College pub., 1970, PP. 61-83.

العظمى أكثر من ضواحيها. ويقل تأثيرها كلما اتجهنا من وسط المدينة إلى أطرافها. كما يظهر في مناطق الضواحي القريبة والمزدحمة بالسكان، مراكز فرعية أخرى للجزيرة الحرارية. أما في الحدائق العامة والمناطق المفتوحة والقليلة السكان، فتظهر درجات الحرارة أقل منها في المناطق الأخرى. كما يتضح من الشكل التالي:



شكل رقم (159): يوضح تزايد درجة الحرارة في وسط المدينة

الجزيرة الحرارية خلال فصل الشتاء

لا يقتصر وجود الجزيرة الحرارية على فصل الصيف فقط، بل تظهر خلال فصل الشتاء أيضاً، خاصة في المدن الكبرى الواقعة في المناطق الباردة والمعتدلة، حيث يساهم تركز السكان في تلك المدن مع انتشار الصناعة والتجارة وازدحام الطرق بالسيارات وغيرها، في ارتفاع درجة حرارة تلك المدن، عن المناطق الريفية المحيطة بها، خاصة خلال الليل أو في ساعات الصباح الباكر. (مناصرة، 1985م).



ومن أهم العوامل التي تؤثر في حجم الجزيرة الحرارية وشدتها:

1. حجم المدينة وتخطيطها: يزداد تأثير الجزيرة الحرارية في المدن الكبرى، ذات المباني المتراصة والمتعددة الأدوار التي تفصل بينها شوارع ضيقة[1]. كما يقل بالمدن الصغرى ذات المباني الصغيرة المتباعدة التي تفصل بينها شوارع واسعة.
2. كثافة السكان: تشير دراسات كثيرة إلى أنه كلما تضاعف عدد سكان المدينة عشرة أمثال، يزداد الفرق في درجة الحرارة بين وسط تلك المدينة والمناطق الريفية المحيطة بها درجة مئوية واحدة.
3. تركز الصناعة في المدن الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المدن الصناعية، وانتشار التلوث فيها أكثر من المدن الصناعية.
4. كما تعمل السمات المناخية كخشونة السطح بالمدينة مع تقليل سرعة الرياح وسفلتة مساحات كبيرة بالمدينة يؤدي إلى تقليل نسبة التبخر، وبالتالي رفع درجة الحرارة فيها.
5. ومن أهم الآثار المترتبة على مناخ المدينة المحلي من وراء الجزيرة الحرارية، التقليل لحد كبير من احتمالات حدوث الصقيع، وبالتالي زيادة طول فصل النمو وانعدام الانعكاسات الحرارية فيها.

ويبلغ التباين في درجات الحرارة بين المدينة وريفها أقصاه في ساعات الصباح الأولى، ويظهر ذلك واضحاً في الخرائط التي توضح التوزيع الجغرافي لدرجة الحرارة الصغرى، بينما يقل في الأيام التي يتوقف فيها العمل مثل العطل الرسمية وعطل نهاية الأسبوع[2].

---

(1) Ibid.
(2) Mitchell, J. M. OP. Cit.

المراجـــع



المراجع

أولاً: المراجع العربية

- العرود، إبراهيم، مبادئ المناخ التطبيقي، الأردن، دار الشروق.
- العرود، إبراهيم، 2001م، التغير المناخي في الميزان، الأردن، دار البهجة.
- مللر، أوستن، 1985م، علم المناخ، ط2، ترجمة إبراهيم رزقانة ومحمد متولي، الأنجلو المصرية.
- عباس، جميل، 1993م، المناخ والأرصاد الزراعية، سوريا، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية.
- أبو العينين، حسن؛ 1988م، أصول الجغرافية المناخية، مصر.
- كربل، عبد الإله رزوق والسيداوي، ماجد، 1982م، الطقس والمناخ، وزارة التعليم والبحث العلمي العراقية، جامعة البصرة.
- شرف، عبد العزيز طريح، 2000م، الجغرافية المناخية والنباتية، مصر.
- سلطان، عبد الغني، 1987م، الجو عناصره وتقلباته، العراق.
- الكليب، عبد الملك، 1990م، مناخ الخليج العربي، الكويت، مكتبة ذات السلاسل للطباعة والنشر.
- احميدان، علي، 2011م، جغرافية السكان، عمان، 1994م.
- احميدان، علي، 2011م، المدخل إلى الجغرافية الطبيعية والبشرية، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2011م، جغرافية علم المناخ والطقس، دار المسيرة، عمان.
- احميدان، علي 2011م، مدينة راولبندي إسلام آباد، دراسة مدنية، جامعة القاهرة.



- احميدان، علي، 2011م، الحيوية والتربة، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2011م، التصحر ومخاطره، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2002م، المدخل إلى علم السكان، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2003م، إقليم حوض الأزرق، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2011م، العمران الريفي والحضري، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2011م، جغرافية المدن، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2011م، علم البيئة، فلسطين، دار الفكر.
- احميدان، علي، 2003م، خطورة التصحر بإقليم السفوح الشرقية بالضفة الغربية.
- احميدان، علي، 1995م، خطورة التصحر في إقليم سهل الجغارة، مجلة جامعة الفاتح.
- احميدان، علي، 2001م، زحف الرمال على واحات الإحساء، مجلة جامعة القدس.
- احميدان، علي، 2000م، ترميم منطقة الهامش الصحراوي بالأردن، معهد الإدارة العامة.
- احميدان، علي، 1998، حماية سد الملك طلال من المياه العادمة ومعالجتها في محطة جديدة شرق الزرقاء وتسخيرها لتخضير حوض الأزرق والهامش الصحراوي.
- احميدان، علي، استغلال المياه الجوفية في إقليم البادية الأردنية مع المياه المعالجة في تنمية منطقة البادية الأردنية اقتصادياً واجتماعياً.
- احميدان، علي، 1968م، إقليم البحر الميت تحت خط كنتور 200م، سطح البحر، جامعة القاهرة.



- احميدان، علي، 1998م، دراسة حضرية لأمانة عمان الكبرى.
- احميدان، علي، 2006م، دراسة حضرية لمدينة بيت لحم.
- موسى، علي، 1990م، المناخ الإقليمي، جامعة دمشق.
- سطحية، محمد محمد، 1974م، جغرافية العالم الإقليمية، لبنان.
- غلاب، محمد السيد، 2002م، الجغرافية العامة الطبيعية والبشرية، مصر.
- هلالي، فهمي، 1976م، الطقس والمناخ، مصر.
- الجوهري، يسري، 1987، الجغرافية المناخية، مصر.
- فايد، يوسف، 1971م، جغرافية المناخ والنبات، لبنان.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- Ackerman, E. A.; the Köppen Classification in North America,Geographical Review, vol. 31, 1977.
- Anthens, R. A. etal; The atmosphere 3rd ed. Columbus, Ohio: Charles, E. Merrill, 1981.
- Barry, R. G. and A. H. Perry; Synoptic Climatology Methods and Applications, New York, Methuen and Co. Ltd, 1973.
- Barrett, E. C.; Climatology, from Satellites, New Yorkk Metuen and Co. Ltd. 1974.
- Blair, T. A.; Weather Elements, Prentice – Hall, N. J. 1969.
- Bryson, R.; A Perspective on Climatic Change Science, 184, 1974.
- Budyko, M. I./ Climate and Life, New York, Academic Press.

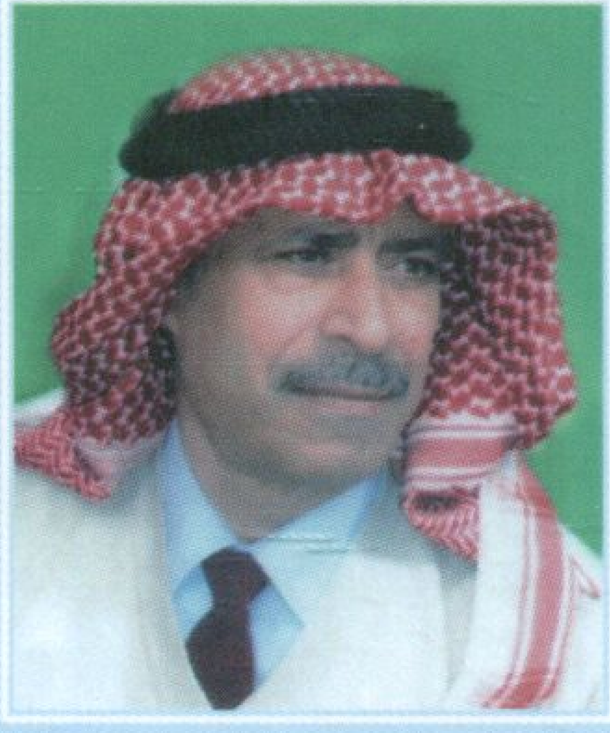
- Critchfield, H. J.; General Climatology, Engle Wood Cliffs, N. Y. Printice Hall, 1974.
- Crowe, P. R.; concepts in Climatology – Longman, London, 1971.
- Dayan, U. & Abramski R.; Heavy Rain the The Middle East to Unusual Jetstream Properties, Bulletin American Meteorological Society Vol. 64, No. 10, 1983.
- De Martonne, E.; Geograsphie, Physique, 1952.
- Dickinson, T.; Exploring the Sky Day, Camdin House, 1988.
- Driscoll, D.M. and J.F. Griffiths; Survey of Climatology, London, 1982.
- Dutton, J. A.; The Ceasless Wind, An Introduction to the Theory of Atmosphric Motion, N. Y. McGraw-Hill, Book Company, 1976.
- Flair, T. A. Weather Elements, Prentice – Hall, N. J. 1959.
- Flohn, H.; Climate and Weather, N. Y. McGraw Hill – Company, 1989.
- Gentilli, J. A.; A Geography of Climate, Crawley, University of Westerns Australia, 1952.
- Gieger, R.; The Climate Near the Ground, Campridge Press, Harvard University Press, 1965.
- Gribben, J. ed., climate change, N.Y. Campridge University. Press. 1978.
- Harries, J.; Earth Watch, Ellis Horwook, N. Y.; 1990.
- Hays, J. D, J. Imbrie, end N. J. Shacketon; Variation in the Earth's Obrit: Pacemaker of the Ice Ages, Science, 194, 1976.

- Henderson – Sellers, A; Contemporary Climatology, Longman, Group, UK, Ltd. 1986.
- Henderson, A. & Robinson, P.; Contemporary Climatology, (ELBS), 1987.
- Horroccks, N. K.; Physical Geography and Climatology, 1952.
- Iqbal, M.; An Introduction to Solar Radiation, Academic Press, New York, 1982.
- Jones, S. B. Classification of North American Climatology, Vol.8 1982.
- Johnson, R. I.; The Green House Effect, Leratner, Co./ 1990.
- Karuase, E. B.; Atmosphere Ocean Interaction, New York, Oxford University Press, 1972.
- Koeppe, C. E. and G. C. Delong; Weather and climate, MacGraw- Hill Book Co., Copyright, 1958.
- Landsberg, H. E.; Roots of Modern Climatology, Journal of the Washington Academy of Sciences, 54, 1964.
- Landsberg, H. E.; The Assessment of the Human Bioclimate, Technical Note, 123k Geneva, World Meteorological Organization, 1972.
- Landsberg, H. E.; Whence Global Climate: Hot Or Cold? An Essay Review. Bulletin of the American Meteorological Society, 57, 1976.
- Light, S. ed.; Medical Climatology, New Heaven, Conn, E. Licht, Publishers, 1964.
- Liou, K. N.; On the Absorption, Reflection and Transmission of Science, 33, 1967.
- Lockwood, J. G.; Causes of Climate, Edward Arnold, 1979.

- Mather, G. R.; Climatology Fundamentals and Application, New York, McGraw-Hill, Book Co.; 1974.
- Maunder, W. J.; Human Classification of Climate, Weather, 17, 1962.
- Maunder, W. J.; the Value of the Weather, London, Methuen and Co., 1970.
- Machta, L., J. K. Angell, J. Korshover and J. M. Mitchell; Demise of the la porte precipitation Anomally, "Bulletin of American Meteorological Society", 1977.
- Mintzer, L. (editor); Contracting Climate Change, Cambridge University Press, 1992.
- Miller, D. H.; Energy of the Surface of the Earth, Academic Press, 1981.
- Miller, E. W.; Physical Geography, Miller, Publishing Co.; London, 1985.
- Michel, J. M.; The thermal Climate of Cities in Air Over Cities, Symposium Report, A Troft Sanitary Eng. Center Technique, Report, 1962.
- Moran, M. J. & Morgan, M. D.; Meteorology, Burgess Publishing, 1986.
- Muller, R. and Oblander, T.; Physical Geography Today, 3rd ed. Random House, New York, 1984.
- Munn, R.E.: Biometreological Methods, New York, Academic Press, 1970.
- Nicolas, F. W.; The Changing form of the Urban 131- 145 Heat Island of Metropolitan, Washington, Tech. Paper, American Congress in Serving and Mapping, Annual Meeting, March 7-12, Washington.

- Odum, E,; Fundamentals of Ecology, 3rd ed. Saunders Collage Publishing, 1970.
- Oke, T.; Boundary Layer Climate, Methuen, London, 1987.
- Olgyah, V.; Design With Climate, Princeton, N. J.; Princeton University Press, 1973.
- Oliver, J.E.; Climate and Man's Environment, John Wiley and Sons London 1973.
- Plamen, E. and C. W. Newton; Atmospheric Circulation Systems, New York Academic Press, 1969, Upper Air Circulation, After Driscoll, D. M. PP.86-95.
- Riehl, H.; Introduction To The Atmosphere, McGraw- Hill, 1972.
- Le Roy Ladorie, E.; Times of Famine, London, George Allen, and Unrwin, 1971.
- Rosenberg, N, J.; Microclimate, The Biological Environment, N. Y.; 1970.
- Rumney, G.R.; Climatology on the World,s Climates, N, Y.; Macmillan, 1968.
- Sallers, W.D.; Physical Climatology, The University of Chicago Press, 1965.
- Simpson, J.; The Sea Breeze, Cambridge University Press, 1994.
- Stringer, E. T.; Foundation of Climatology, 1972.
- Shehada, N.; Impact of the heat Island, Upon Hail Incidence in the Down Town city of Amman, WMO & WHO, 4th Conference on Air Pollution and the Destruction of the Ozone Layer, Sofia, Bulgaria, 4th to 8th September, 1993.

- Shear, J. A.; The Polar Marine Climate, Annals of Association of American Geographers, 1964.
- Terjung, W.H.; Physiologic Climates of the United States, A Bioclimatic Classification, Based on Man, Annals of the Ass. Of Amer. Geogr. "Vol. 56,1967.
- Thuman, H. V.; Introductory Oceanographghy, 3rd. Columbus, Ohio, Charles, E., Merrill, 1981.
- Trewartha, G. T. and L. H. Horn; An Introduction to Climate, N. Y. McGraw- Hill, Book Co. 1980.
- Twist, C.; Hurricanes and Storms, Clover Leat, 1992.
- UNEP; The Impact to Climate Change, UNEP/ GEMS Environment Library, No. 19, 1993.
- Wallace, J. and Hoobs. P.; Atmospheric Science, Academic Press. 1977.
- Watts, A.; The Weather Hand Book, Sheridan House, 1994.
- Weisberg, J. S.; Meteorology, Houghton, Mifflin Company, Boston, 2nd ed. 1981.
- WMO/ UNEP.; Climate Change, Cambridge University Press. 1992.
- William, R. C. and Pielke, R. A.; Human Impact on Weather and Climate, Cambridge, 1995.
- World Meteorological Organization; Survey of Human, Biometeorology, Technical Note, 65, Geneva, 1964.
- World Meteorological Organization; Urban Climates, Technical Note, 108, Geneva, 1970.
- World Meteorological Organization; Building Climatlogy, Technical Note, 109, Geneva, 1970.



نبذة عن حياة المؤلف

1. علي سالم إحميدان الشواورة من مواليد بيت المقدس .

2. تخرج من مدرسة بيت لحم الثانوية عام 1963م. حصل على شهادة البكالوريوس عام 1967م من الجامعة الاردنية وشهادة الماجستير من جامعة القاهرة عام 1970م .

3. وحصل على درجة الدكتوراه من جامعة القاهرة عام 1975م .

4. عمل في جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية من عام 1976 - 1979م وفي جامعة الرياض من عام 1979 - 1980م. وفي الجامعة الاردنية من عام 1980 - 1981م . وفي جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية من عام 1981 - 1983م كرئيس قسم الجغرافية بكلية الشريعة بالأحساء . وفي جامعة مراكش من عام 1983 - 1984م وفيها حصل على درجة الاستاذية من نفس الجامعة .

5. كما عمل خبيراً في دائرة التخطيط الاقليمي بوزارة البلديات والبيئة والشؤون القروية في الاردن مع وكالة جايكا (Jika) اليابانية من عام 1984 - 1987م .

6. كما عمل استاذاً للجغرافية البشرية في كلية تأهيل المعلمين العالية بوزارة التعليم العالي . وتمت إعارته لجامعة السابع من ابريل لتدريس الجغرافية بين عامي 1993 - 1995م .

7. كما عين محاضراً في كلية مجتمع عمان بوزارة التعليم العالي من عام 1987 - 1997م ومن ثم تمت إعارته الى جامعة البلقاء التطبيقية بين عامي 1997 حتى 2000م كمحاضر في كلية مجتمع عمان بوزارة التعليم العالي .

8. وأخيراً تمت إعارته الى جامعة القدس / ابو ديس عام 2000 حتى 2008م . كما حاضر في جامعة القدس المفتوحة خلال الفترة 2004 حتى 2010م .





دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع

المملكة الأردنية الهاشمية - عمّان - شارع الملك حسين
مجمع الفحيص التجاري - هاتف : 4611169 6 962+
تلفاكس 4612190 6 962+ ص.ب 922762 عمّان 11192 الأردن
E-mail: safa@darsafa.net www.darsafa.net